ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ



В. К. Смирнов

ТОКАРЬ-РАСТОЧНИК

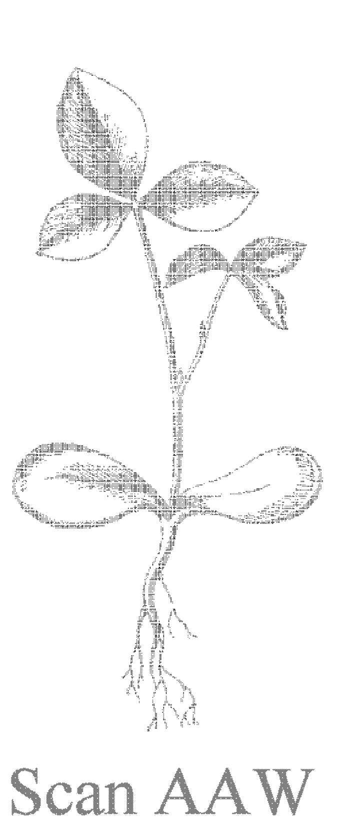
В. К. Смирнов
ТОКАРЬ—РАСТОЧНИК

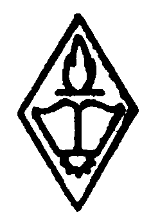
В. К. Смирнов

ТОКАРЬ-РАСТОЧНИК

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ, ДОПОЛНЕННОЕ И ПЕРЕРАБОТАННОЕ

Одобрено Ученым советом Государственного комитета СССР по профессионально-техническому образованию в качестве учебника для технических училищ





МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1982

ББК 34.632.5
С 50
УДК 621.952.5

Рецензент — инж. С. М. Тульпа.

Смирнов В.К.

С 50 Токарь-расточник: Учебник для техн. училищ. — 4-е изд., доп. и перераб. — М.: Высш. школа, 1982. — 239 с., ил. — (Профтехобразование. Обраб. резанием).

В пер.: 55 к.

В книге содержатся сведения о назначении, устройстве и эксплуатации расточных станков, описаны инструменты и приспособления, применяемые для обработки деталей на этих станках и для выполнения контроля расточных работ, даны сведения о теории резания металлов и технике измерений, изложены материал о расточных станках с программным управлением и вопросы организационно-технического обслуживания рабочего места.

Четвертое издание (3-е — в 1978 г.) дополнено сведениями по механизации и автоматизации производства.

Учебник может быть использован при профессиональном обучении рабочих на производстве.

С $\frac{2704040000—109}{052(01)—82}$ 81—82

ББК 34.632.5
6П4.6

ВВЕДЕНИЕ

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 гг. и на период до 1990 г., принятых XXVI съездом КПСС, предусмотрено увеличение производства промышленной продукции на 26—28%, в том числе продукции машиностроения и металлообработки не менее чем в 1,4 раза.

На основе технического прогресса, совершенствования организации и улучшения условий труда, усиления экономического стимулирования производства и материального поощрения трудящихся прирост производительности труда в промышленности возрастет за это время на 23—25%.

Количественное и качественное развитие машиностроения в значительной степени зависит от станкостроения. Без развития станкостроения нельзя добиться расширенного воспроизводства, непрерывного технического прогресса, роста производительности труда.

Для производства деталей, приборов и машин, применяемых в металлургической, автотракторной, судостроительной, авиационной, электротехнической промышленности, а также и в тяжелом машиностроении, отечественные станкостроительные заводы изготовляют различные типы современных высокопроизводительных станков.

Всевозрастающие темпы роста продукции машиностроения и металлообработки обеспечиваются огромным станочным парком страны, который систематически пополняется новыми металлорежущими станками, среди которых большое место занимают универсальные и специальные расточные станки. Правильное использование этого оборудования возможно лишь при условии овладения учащимися профессионально-технических училищ определенным комплексом технических знаний и навыков. Рабочий-расточник должен знать конструкцию современных расточных станков, методы их наладки, разнообразную универсальную и специальную технологическую оснастку и передовые методы организации труда.

Расточные и другие работы, выполняемые на расточных станках, занимают особенно большое место в условиях единичной и мелкосерийной обработки корпусных деталей.

Заготовки корпусных деталей, обрабатываемые на расточных станках, обычно имеют литую или сварную конструкцию и стоят очень дорого из-за сложности формы, трудности механической обработки, значительной массы и габаритов. Брак этих деталей по

вине расточника приносит большие убытки предприятию и может привести к срыву сроков выпуска изделий.

Отверстия корпусных деталей в большинстве случаев располагаются в нескольких плоскостях, выполняются по 6-му и 7-му квалитетам и имеют допуск на концентричность, межцентровые расстояния и размеры от базовых поверхностей в пределах от 0,01 до 0,05 мм. На расточных станках выполняется большое количество операций механической обработки с применением режущих, измерительных и вспомогательных инструментов, принадлежностей и приспособлений. Этими обстоятельствами определяются высокие требования, предъявляемые к рабочему-расточнику в отношении его теоретической подготовки и производственных навыков.

Молодым расточникам необходимо постоянно повышать свою производственную квалификацию, изучать опыт новаторов производства.

Глава I

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ И ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

§ 1. Основные сведения о токарной обработке металлов

К станкам токарной группы относятся токарно-центровые, лобовые, револьверные, карусельные, горизонтально-расточные, многорезцовые, токарные автоматы и полуавтоматы, станки с ЧПУ, токарные станки специального назначения.

Современные токарные станки отличаются быстроходностью, большой мощностью, надежностью в работе, высокой производительностью и точностью обработки. Наиболее широкое распространение имеют следующие виды работ: обработка наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей на торцах, вытачивание канавок, нарезание наружных и внутренних резьб любых профилей, сверление, зенкерование, развертывание и др.

Заготовка, как правило, совершает главное вращательное движение, а инструмент получает движение подачи. Движение подачи в основном бывает прямолинейным (иногда по дуге окружности) или по кривой, соответствующей профилю изделия, а при обработке фасонных поверхностей — по копиру.

Кроме резцов на станках токарной группы широко применяют различные инструменты для обработки отверстий: сверла, зенкеры, развертки, метчики и т. п.

Универсальный токарно-винторезный станок (рис. 1) предназначен для выполнения разнообразных токарных работ и состоит из следующих основных узлов: станины *5*, передней бабки *1*, коробки подач *6*, фартука суппорта *4*, каретки, нижней, средней и верхней частей суппорта, резцедержавок *2*, задней бабки *3* и системы охлаждения. Станина служит опорой для всех узлов станка, имеет коробчатую форму и направляющие для перемещения каретки суппорта и задней бабки. Передняя бабка содержит механизм главного движения: рабочий шпиндель с опорами и механизм его вращения. В передней бабке размещены также механизмы подач. Передний конец шпинделя имеет стандартные размеры для крепления зажимных патронов и приспособлений. Коробки скоростей и коробки подач обеспечивают необходимую регулировку частоты вращения шпинделя и величин подач суппорта.

Фартук токарного станка содержит механизмы для реверсирования продольных и поперечных подач, для включения подач от ходового валика и ходового винта, для автоматического останова подачи и для блокировки механизмов управления.

Суппорт токарного станка предназначен для сообщения резцу поступательных движений подачи в продольном и поперечном направлениях. Каретка скользит по направляющим станины. К ниж-

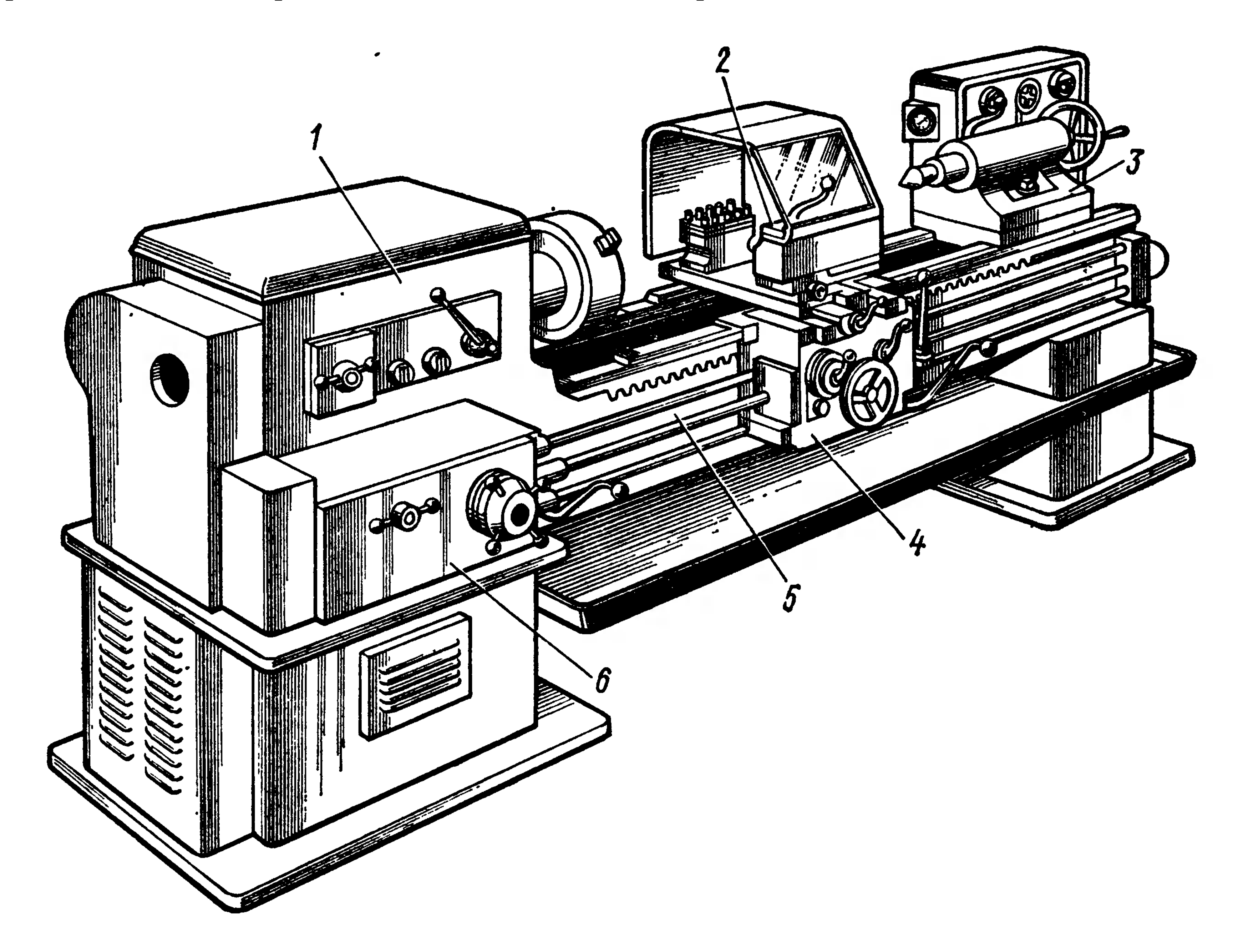


Рис. 1. Общий вид токарно-винторезного станка

ней ее поверхности привинчен фартук, а на верхней плоскости имеются направляющие в форме «ласточкин хвост», по которым перемещается нижняя часть суппорта, и обработанные участки для крепления подвижного люнета.

Нижняя часть суппорта может получать поперечное перемещение посредством винта, который вращается в подшипниках каретки без осевого перемещения.

Средняя часть суппорта на верхней поверхности имеет направляющие в форме «ласточкин хвост» для перемещения верхней части суппорта перпендикулярно к направляющим каретки. Средняя часть суппорта может быть повернута в обе стороны на угол 45° с отсчетом поворота по лимбу — круглой шкале, относительно нижней части суппорта — по круговой направляющей.

Верхняя часть суппорта может перемещаться по направляющим средней части суппорта при вращении винта поперечной подачи вручную или с помощью специального механизма.

Резцедержавки служат для закрепления резцов.

Задняя бабка предназначена для поддержания заготовки с помощью центра, а также для закрепления инструмента при сверлении, зенкеровании, развертывании или для растачивания отверстий. Пиноль задней бабки может перемещаться в осевом направлении при помощи винта с левой резьбой. Выдвинув пиноль из корпуса на требуемую величину, ее зажимают в корпусе бабки зажимной рукояткой. Корпус задней бабки может быть сдвинут в поперечном направлении посредством винта, если необходимо проточить пологий конус.

Система охлаждения инструмента состоит из шестеренчатого насоса, отстойного резервуара, трубопровода, гибкого шланга и трубки для направления охлаждающей жидкости к месту резания.

Высота центров и расстояние между центрами (в зависимости от длины станины) являются основными размерами токарного станка, определяющими наибольшие размеры обрабатываемой заготовки.

К токарному станку придаются приспособления и принадлежности: центры, поводковые патроны, хомутики, неподвижный и подвижный люнеты, конусная линейка, оправки (рис. 2).

Опорные центры неподвижные и вращающиеся, входящие в конусное отверстие пиноли задней бабки, изготавливают с конусом 60° и конусом Морзе различных номеров.

Поводковые патроны применяют для передачи вращения от шпинделя к изделию, обрабатываемому в центрах, посредством эксцентриковых кулачков или хомутиков.

Трехкулачковый самоцентрирующий патрон применяют для закрепления круглых изделий. Четырехкулачковый патрон служит для закрепления изделий несимметричной или неправильной формы.

Пневматический зажимной патрон позволяет ускорить и облегчить зажим заготовок посредством пневматического цилиндра со штоком, при осевом перемещении которого через рычажную систему сжимаются и разжимаются кулачки патрона.

Неподвижный люнет крепится на направляющих станины, имеет три опорных кулачка, являющихся дополнительной опорой при обработке длинных валов во избежание прогиба их под давлением резца.

Подвижный люнет закрепляется на каретке суппорта и перемещается вместе с ним, два опорных кулачка люнета расположены рядом с резцом.

Методы обработки на токарных станках: валов — центрование, продольное точение в центрах с люнетом и без люнета, подрезка торцов, нарезание наружных резьб, обработка конусов, прорезка канавок; втулок и пинолей — обработка в патроне с люнетом и без люнета, сверление, зенкерование и развертывание, растачивание и нарезание резьб внутренних и наружных,

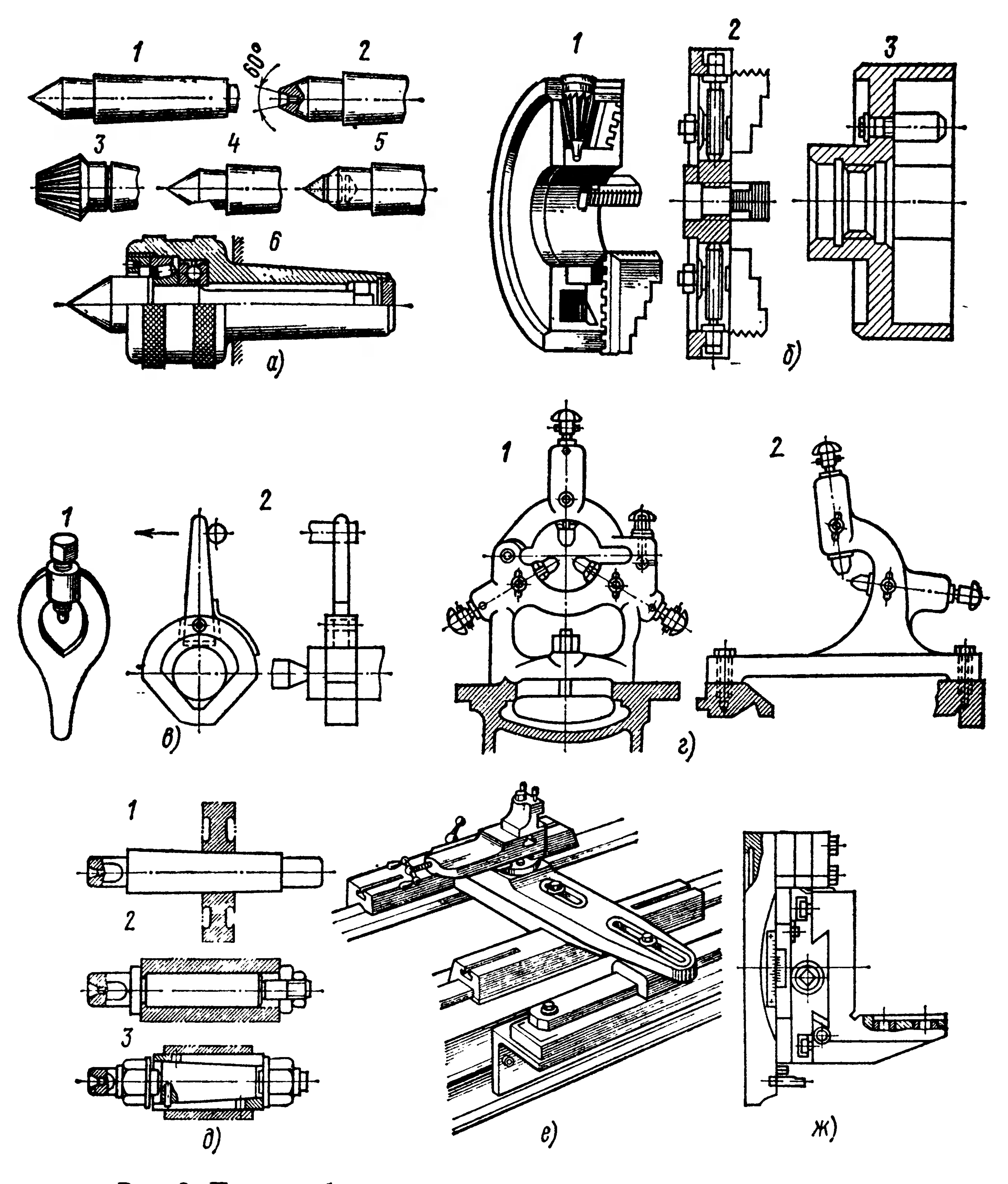


Рис. 2. Приспособления и принадлежности токарного станка:

а — центры: *1* — обыкновенный, *2* — обратный, *3* — грибковый, *4* — полуцентр, *5* — с твердосплавным наконечником; *6* — вращающийся; *б* — патроны: *1* — самоцентрирующий трехкулачковый, *2* — четырехкулачковый, *3* — поводковый; *в* — хомутики: *1* — обыкновенный, *2* — самозахватывающий; *г* — люнеты: *1* — неподвижный, *2* — подвижный; *д* — оправки: *1* — цельная, *2* — цанговая, *3* — разжимная; *е* — конусная линейка, *ж* — универсальный угольник

обработка конусов, обработка торцовых фасонных поверхностей, обработка наружных и внутренних фасонных поверхностей.

Схемы установки и выверки заготовок: валов — в центрах с поводком, цанговом патроне, трехкулачковом самоцентрирующем патроне и заднем центре, четырехкулачковом патроне и заднем центре, то же, с люнетом, в пробковых центрах;

дисков и втулок — в цанговом патроне или на цанговой оправке, на цилиндрической оправке, в четырехкулачковом патроне за наружный и внутренний диаметр, с креплением за ступицу, на разжимной центровой оправке; подшипников — на планшайбе с угольником или универсальном угольнике; эксцентриковых деталей — на оправке с центрами, смещенными от осевой линии.

§ 2. Процесс резания металлов

Режущая часть любого инструмента (резца, фрезы, сверла) имеет форму клина, с помощью которого производится отделение стружки. В зависимости от условий обработки образуется стружка различной формы. Процесс резания вязких металлов, например стали (рис. 3, *а*), состоит в сжатии инструментом срезаемого слоя и последующем скалывании его под углом 140—150° к поверхности резания. При этом срезаемый слой металла деформируется — становится короче и толще. В результате многократного отделения частиц металла образуется с л и в н а я стружка. Эта стружка имеет вид длинной без зазубрин ленты или плоской спирали. При резании хрупких металлов, таких, как чугун, бронза, образуется стружка с к а л ы в а н и я (элементная). Отдельные элементы такой стружки слабо связаны между собой или совсем не связаны (рис. 3, *б*). С т у п е н ч а т а я стружка образуется при обработке стали средней твердости, алюминия и его сплавов со средней скоростью резания. Она представляет собой ленту с гладкой поверхностью со стороны резца и зазубренную с внешней стороны. С т р у ж к а н а д л о м а образуется при резании малопластичных материалов (чугуна, бронзы) и имеет вид как бы отдельных вырванных кусочков.

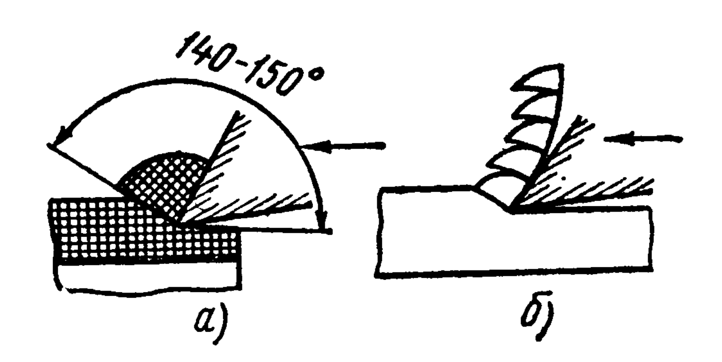


Рис. 3. Образование стружки в процессе резания:
а — вязкого металла, *б* — хрупкого металла

Сопротивление металла пластической деформации или скалыванию и сопротивление трения между инструментом, стружкой и обрабатываемой деталью преодолевается силой резания, источником которой является мощность электродвигателя станка. Сила резания возрастает при увеличении твердости и прочности обрабатываемого металла и площади сечения срезаемого слоя.

Силы трения, развивающиеся в процессе резания металлов, вызывают нагрев изделий, инструмента и срезаемой стружки, а также износ режущей части инструмента. Количество выделяемого тепла и температура нагрева возрастают при увеличении скорости резания и сечения стружки.

При определенной температуре режущей кромки резец теряет режущие свойства и быстро изнашивается. Поэтому в процессе резания применяют охлаждающие и смазывающие жидкости, которые отводят образующееся тепло, уменьшают силу трения, спо-

собствуют отделению частиц срезаемого слоя металла, улучшают качество обрабатываемой поверхности и увеличивают стойкость инструмента.

Для обеспечения правильной геометрической формы детали и необходимого класса шероховатости обработанной поверхности нужно следить за тем, чтобы в процессе резания режущая кромка инструмента сохраняла свою первоначальную форму и отсутствовала вибрация или отжим инструмента и детали.

§ 3. Основные элементы резца

Резец состоит из двух частей (рис. 4, *а*): головки *5* (режущая часть) и стержня *7*, который служит для закрепления резца.

Основными элементами головки резца являются: передняя поверхность *1*, по которой сходит стружка, задняя поверхность *4*, обращенная к поверхности резания, главная режущая кромка *2*, образованная пересечением передней и главной задней поверхностей, вспомогательная режущая кромка *3*, образованная пересечением передней и задней вспомогательной поверхностей, вершина резца *6*.

На обрабатываемой детали различают: обрабатываемую поверхность *8*, обработанную поверхность *9* и поверхность резания *10*.

Положение резца относительно обрабатываемой детали определяется основной плоскостью, совпадающей с нижней опорной плоскостью резца, плоскостью резания *ББ* и главной секущей плоскостью *АА*, перпендикулярной основной плоскости и главной режущей кромке.

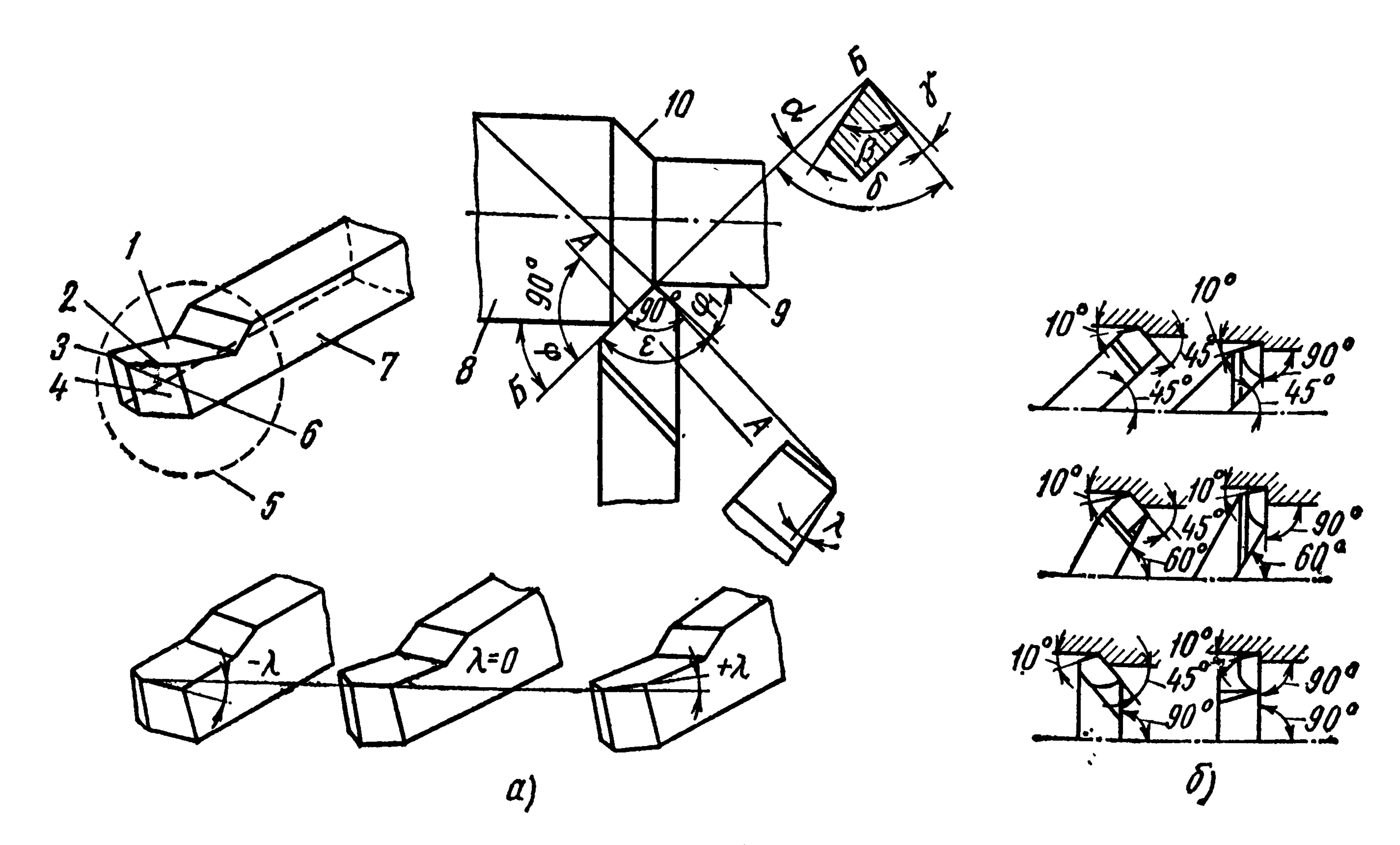


Рис. 4. Геометрия резца:
а — основные элементы, *б* — схема установки расточных резцов

Углы заточки резца образуют:

главный передний угол γ — между передней поверхностью резца и плоскостью, перпендикулярной к плоскости резания, проведенной через главную режущую кромку;

главный задний угол α — между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания;

угол заострения β — между передней и главной задней поверхностями резца;

угол резания δ — между передней поверхностью резца и плоскостью резания;

главный угол в плане φ — между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи;

угол при вершине в плане ε — между проекциями режущих кромок на основную плоскость;

угол наклона главной режущей кромки λ — между режущей кромкой и плоскостью, проведенной через вершину резца параллельно основной плоскости. Угол λ положительный — если вершина резца является наинизшей точкой режущей кромки; отрицательной — если вершина резца является наивысшей точкой — режущей кромки; равен нулю — если режущая кромка параллельна основной плоскости.

Угол резания δ влияет на деформацию стружки, сопротивление резанию, расход энергии, прочность и стойкость инструмента. При уменьшении угла резания снижается усилие резания, но уменьшается прочность резца.

Задний угол α уменьшает трение задней поверхности резца об обработанную поверхность детали, а следовательно, предохраняет резец от чрезмерного нагрева и преждевременного износа. При увеличении заднего угла до 8—10° сила трения уменьшается. Дальнейшее увеличение заднего угла существенно не изменяет силу трения, но уменьшает прочность резца.

Углы в плане φ и φ_1 уменьшают сопротивление резанию, одновременно уменьшая стойкость резца. При увеличении переднего угла в плане до 90° уменьшается отжим детали и резца, но уменьшается и его стойкость.

Угол наклона главной режущей кромки λ определяет направление отвода стружки. При λ положительном ($+\lambda$) стружка сходит по направлению к обработанной поверхности детали. При λ отрицательном ($-\lambda$) стружка сходит по направлению к резцу.

Между углами заточки резца имеется зависимость:

$$\alpha + \beta = \delta; \quad \delta + \gamma = 90^\circ; \quad \varphi + \varepsilon + \varphi_1 = 180^\circ.$$

Чем больше твердость обрабатываемого материала, тем меньше должен быть передний угол и больше угол резания.

При установке расточного резца выше линии центра, обрабатываемого отверстия задний угол и угол резания увеличиваются, а передний угол уменьшается.

Расточные резцы в оправках, борштангах и расточных головках имеют главный угол в плане 45 и 90°, угол установки резцов

к оси оправки 45, 60 и 75° (наклонное крепление) и 90° (прямое крепление). Схема установки расточных резцов в оправках изображена на рис. 4, б.

§ 4. Формы и элементы передней поверхности расточных резцов

Формы передней поверхности для расточных резцов с пластинкой из быстрорежущей стали представлены в табл. 3. Радиусная передняя поверхность с фаской (*I*) обеспечивает стружколомание или стружкозавивание при обработке стали.

Форма передней поверхности для расточных резцов с пластинкой твердого сплава показана в табл. 4:

плоская поверхность с фаской (*II*) применяется для обработки стали при подаче больше 0,2 мм/об, плоская поверхность (III) — для обработки чугуна и стали при подаче меньше 0,2 мм/об;

плоская поверхность с отрицательной фаской, равной 0,2 мм, при подаче меньше 0,3 мм/об и фаской 0,5—0,8 мм при подаче больше 0,3 мм/об — для обработки со стружколоманием чугуна и стали $\sigma_в \leqslant 800$ МПа;

радиусная поверхность с отрицательной фаской, равной 0,2—0,3 мм, B=2—2,5 мм, R=4—6 мм, глубиной лунки 0,1—0,15 мм, для получистовой обработки стали с глубиной резания 1—5 мм, подачей больше 0,3 мм/об. Такая геометрия резца обеспечивает стружкозавивание в процессе обработки детали;

плоская отрицательная поверхность — для обработки стали $\sigma_в > 800$ МПа с ударами из-за неравномерного припуска и при обработке по корке.

Для обеспечения стружколомания при расточке отверстий стальных деталей на передней поверхности резца, при его заточке, создают специальные порожки (см. рис. 52, *г*).

§ 5. Износ инструмента

В процессе резания инструменты изнашиваются как по передней, так и по задней поверхностям. При чистовых работах с применением смазочно-охлаждающих жидкостей (чистовые и фасонные резцы, развертки), когда толщина стружки не превышает 0,1 мм, инструменты изнашиваются только по задней поверхности.

При толщине стружки более 0,1 мм и работе на средних скоростях резания с применением охлаждающих жидкостей инструмент (резцы, торцовые фрезы, метчики, сверла, зенкер) изнашивается по передней и задней поверхностям.

При работе на высоких скоростях резания и толщине стружки более 0,1 мм инструмент (резцы, торцовые фрезы) изнашивается главным образом по передней поверхности.

Однако о затуплении инструмента судят по износу его задней поверхности, так как он более удобно измеряется и достаточно полно отражает режущую способность инструмента.

Износ инструмента определяется наибольшей шириной δ, измеряемой в мм, изношенной площадки по задней поверхности вблизи вершины режущей части (рис. 5).

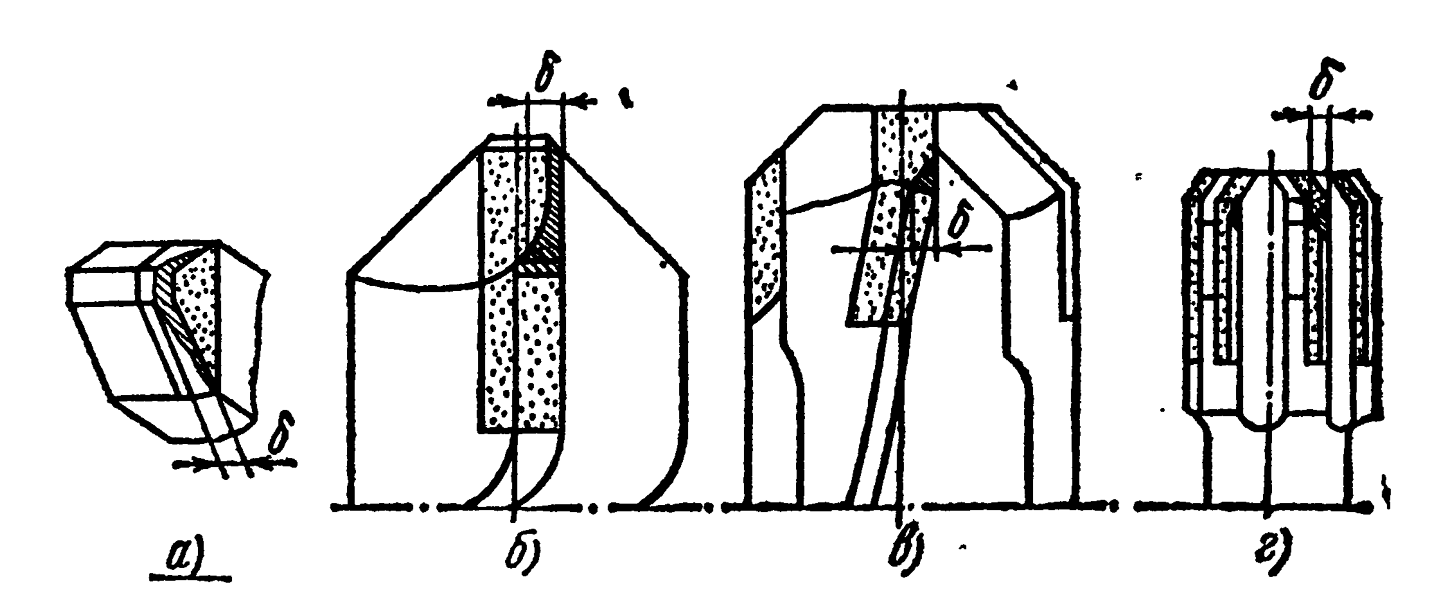


Рис. 5. Износ инструмента:
а — резца, *б* — сверла, *в* — зенкера, *г* — развертки

Ниже приводятся значения в мм допустимого износа режущих инструментов, используемых в разных условиях работы.

Расточные резцы из быстрорежущей стали при обработке без охлаждения стали, стального литья и ковкого чугуна:	
при чистовой обработке	0,3—0,5
при черновой обработке	1,5—2
Расточные резцы с пластинками из различных твердых сплавов:	
Т5К10, Т14К8, Т15К6	0,8—1
Т30К4, Т60К6	0,5—0,8
ВК8, ВК6	0,8—1
ВК3, ВК2 (при подаче более 0,3 мм/об)	0,6—0,8
ВК3, ВК2 (при подаче менее 0,3 мм/об)	1,4—1,7
Торцовые фрезы, оснащенные различными твердыми сплавами:	
Т5К10, Т14К8, Т15К6 при обработке стали $\sigma_в = 800—1000$ МПа	1—1,5
ВК8, ВК6 при обработке чугуна	1,5—2
Режущие инструменты:	
сверла при обработке стали	1—1,2
сверла при обработке чугуна	1—1,2
зенкеры при обработке стали	0,5—1,2
зенкеры при обработке чугуна	0,8—1,5
развертка при обработке стали и чугуна	0,6—0,8
Режущие инструменты, оснащенные твердым сплавом, при обработке стали и чугуна:	
сверла ∅ 10—18 мм	0,4—0,6
сверла ∅ 19—30 »	1—1,3
зенкеры ∅ до 40 »	1—1,2
зенкеры ∅ 41—80 »	1,4—1,6
развертки ∅10—80»	0,4—0,7

В результате износа инструмент теряет режущие свойства, для восстановления которых необходимо его затачивать.

Стойкостью *Т* режущего инструмента называется продолжительность (в мин) непосредственного резания от одной переточки до другой.

Стойкость инструмента зависит от многих факторов, но основными из них являются: геометрия и материал инструмента, материал и термообработка детали, охлаждение и режим резания. От правильного выбора стойкости инструмента зависит в свою очередь производительность и себестоимость обработки детали.

Средние стойкости различных инструментов выбирают по справочнику «Нормативы стойкости режущего инструмента», составленному Научно-исследовательским бюро технических нормативов (НИБТН).

§ 6. Элементы режима резания

При обработке деталей на металлорежущих станках различают следующие элементы режима резания: глубину резания t мм, подачу s мм/об (или s мм/мин) и скорость резания v м/мин. Эти элементы изображены на рис. 6 для случая растачивания отверстия на расточном станке.

Глубина резания t мм (толщина слоя металла, снимаемого за один ход инструмента) измеряется как расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностью и определяется по формуле

$$t = \frac{D - d}{2 \cdot i},$$

где D — наибольший диаметр обработки, мм; d — наименьший диаметр обработки, мм; i — число ходов инструмента.

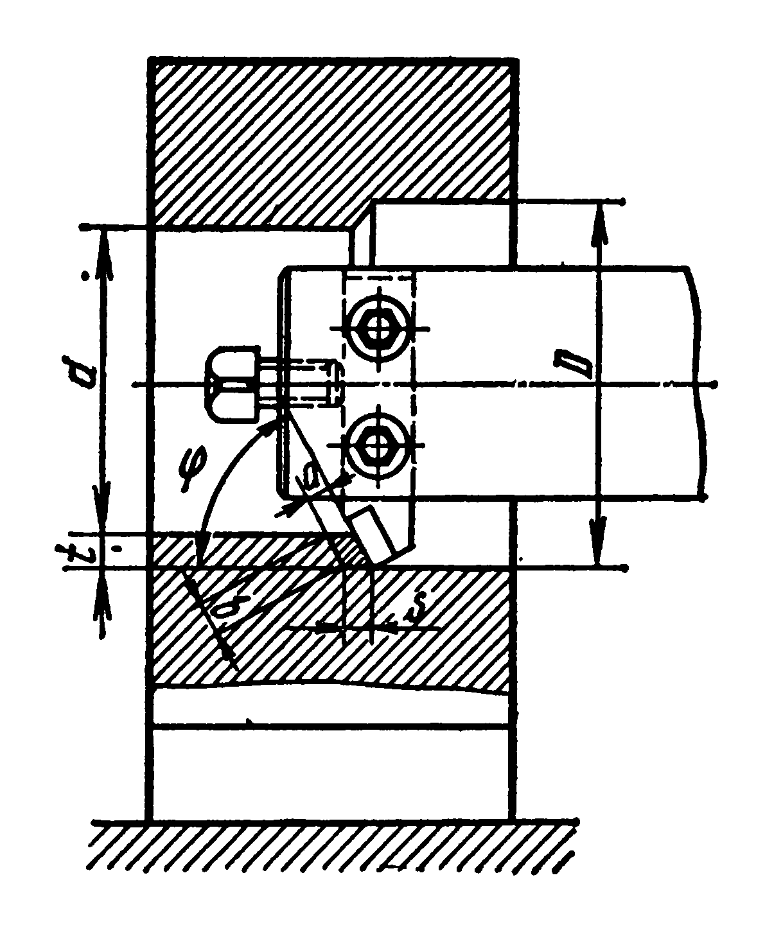


Рис. 6. Элементы режима резания

Подача s режущего инструмента относительно обрабатываемой поверхности измеряется за один оборот шпинделя (планшайбы) в мм/об или мм/мин.

Для фрезерных работ подача может измеряться также в миллиметрах на один зуб фрезы.

Зависимость между величинами подач определяется по формулам:

$$s_0 = s_z \cdot z \text{ мм/об}; \quad s_м = s_0 \cdot n = s_z \cdot z \cdot n \text{ мм/мин},$$

где $s_м$ — подача, мм/мин; s_0 — подача, мм/об; s_z — подача, мм/зуб; z — число зубьев фрезы; n — частота вращения инструмента в минуту.

Площадь сечения стружки, определяется по формуле

$$f = s_0 \cdot t = a \cdot b,$$

где f — площадь сечения стружки, мм^2; a — толщина стружки, мм; b — ширина стружки, мм.

Толщина стружки зависит от подачи, а ширина — от глубины резания. При уменьшении главного угла в плане (φ) толщина стружки уменьшается, а ширина ее увеличивается. Площадь сечения стружки при этом остается неизменной, если сохраняются подача и глубина резания.

Скорость резания v, м/мин — скорость перемещения режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности детали. За скорость резания принимают окружную скорость вращения обрабатываемой детали (например, для токарного и других станков) или режущего инструмента (например, для расточных станков).

Скорость резания определяется по формуле

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

где D — наибольший диаметр обработки, мм; n — частота вращения инструмента в минуту.

Пример 1. Растачивание отверстия диаметром 50 мм до диаметра 60 мм производится за два хода с подачей 0,3 мм/об и частотой вращения шпинделя 400 об/мин. Определить глубину резания, подачу в минуту, скорость резания и площадь сечения стружки.

Глубина резания

$$t = \frac{D - d}{2 \cdot i} = \frac{60 - 50}{2 \cdot 2} = 2,5 \text{ мм.}$$

Подача в минуту $s_м = s_0 \cdot n = 0,3 \cdot 400 = 120$ мм/мин.

Скорость резания $v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 400}{1000} = 75,36$ м/мин.

Площадь сечения стружки $f = s_0 \cdot t = 0,3 \cdot 2,5 = 0,75$ мм^2.

При обработке металлов резанием необходимо обеспечить наиболее полное использование режущих свойств твердого сплава, его высокую теплостойкость и сопротивление сжатию, а также и значительную хрупкость. В зависимости от обрабатываемого материала выбирается необходимая марка твердого сплава и геометрия инструмента. Обработка производится при наибольших допустимых значениях глубины резания и подачи. Скорость резания, благодаря высокой теплостойкости твердого сплава, выбирается такой, чтобы обеспечить нагрев стружки до 850—900°С. При этих температурах прочность обрабатываемого материала и сила резания резко уменьшаются, прочность твердого сплава почти не изменяется, а вязкость его увеличивается.

Наибольшая производительность при черновой обработке, соответствующая наибольшему объему стружки, снимаемой в минуту при нормативной стойкости инструмента, обеспечивается при выборе наибольшей возможной глубины резания (лимитируется припуском на обработку), затем подачи (лимитируется прочностью механизма подачи станка и прочностью резца) и в последнюю очередь — скорости резания (лимитируется стойкостью инструмента или мощностью на шпинделе станка).

Наибольшая производительность при чистовой обработке, соответствующая наибольшей поверхности обработки в минуту при нормативной стойкости инструмента, обеспечивается при выборе в первую очередь подачи (лимитируется точностью и шероховатостью обработанной поверхности), а затем уже скорости резания (лимитируется стойкостью инструмента).

§ 7. Сила резания, крутящий момент и действующая мощность резания при растачивании отверстий

При растачивании отверстий сила резания P измеряется и подсчитывается по трем взаимно перпендикулярным составляющим (рис. 7).

Сила резания P_z (вертикальная составляющая) определяет нагрузку механизма коробки скоростей станка, крутящий момент $M_{кр}$, действующую мощность резания $N_д$ и величину прогиба оправки или борштанги в вертикальной плоскости.

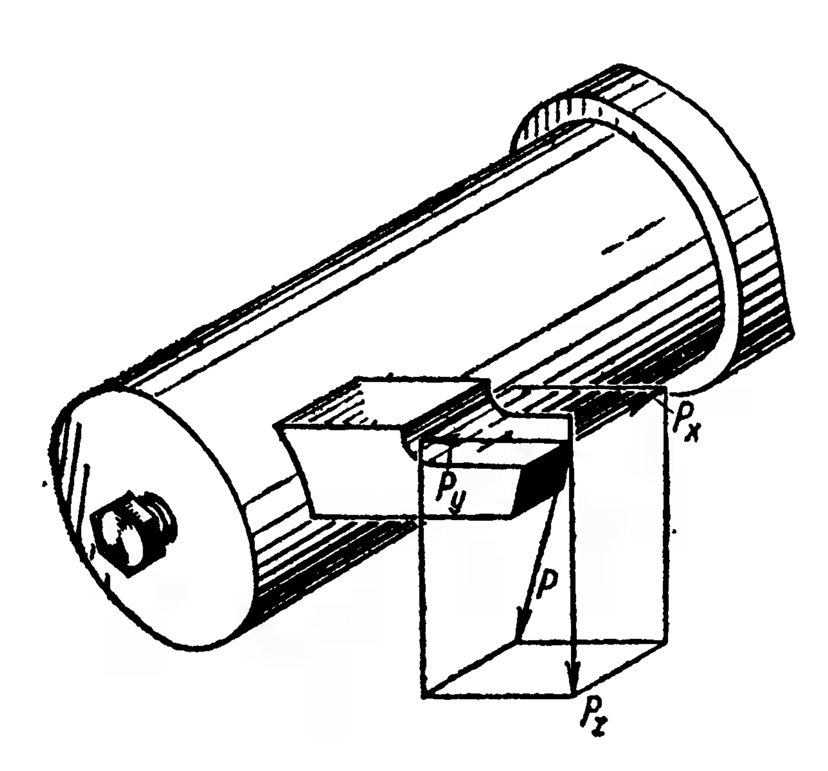


Рис. 7. Составляющие силы резания при растачивании отверстий

Сила P_y (радиальная составляющая) определяет степень отжима резца от детали и величину прогиба борштанга или оправки в горизонтальной плоскости.

Сила P_x (осевая составляющая) направлена вдоль оси шпинделя и определяет нагрузку механизма подачи.

Величина силы резания P равна диагонали призмы, стороны которой равны соответственно P_z, P_y и P_x, и определяется по формулам теории резания или с помощью динамометров.

Составляющие силы резания P_z, P_y, P_x зависят от свойств обрабатываемого материала, сечения стружки и геометрии режущей части инструмента.

Они увеличиваются с ростом твердости и прочности обрабатываемого материала, глубины резания и подачи. При этом увеличение глубины резания влияет в большей степени, чем увеличение подачи. Кроме указанных факторов на величину составляющих сил резания P_y и P_x существенно влияют также главный угол в плане φ, передний угол γ и величина износа по задней грани δ и в меньшей степени — радиус закругления резца R. С увеличением главного угла в плане φ радиальная составляющая сила резания P_y уменьшается, осевая составляющая силы резания P_x увеличивается. С увеличением переднего угла γ P_y и P_x уменьшаются. С увеличением износа по задней грани δ силы P_y и P_x увеличиваются.

Крутящий момент при растачивании отверстий определяется по формуле

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000},$$

где D — диаметр отверстия, мм; P_z — сила резания, Н.

Пример 2. Определите крутящий момент иа шпинделе станка, если диаметр обрабатываемого отверстия $D=100$ мм, сила резания $P_z=4000$ Н.

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{4000 \cdot 100}{2 \cdot 1000} = 200 \text{ Н·м}.$$

Действующая мощность резания определяется по формуле, кВт,

$$N_д = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 102},$$

где P_z — усилие резания, Н, v — скорость резания, м/мин.

Мощность электродвигателя станка затрачивается на выполнение действующей работы $N_д$ и преодоление сил трения $N_{тр}$ в механизмах станка.

Коэффициент полезного действия станка (к. п. д.) показывает, какую часть общей мощности составляет действующая мощность $N_д$:

$$\eta = \frac{N_д}{N} \cdot 100\%.$$

Пример 3. Определить действующую мощность резания $N_д$ и мощность, развиваемую электродвигателем станка N, если усилие резания $P_z=4000$ Н, диаметр растачиваемого отверстия $D=100$ мм, частота вращения борштанги с резцом $n=250$ об/мин и к. п. д. станка $\eta=0{,}79$.

Скорость резания

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 100 \cdot 250}{1000} = 78{,}5 \text{ м/мин}.$$

Действующая мощность резания

$$N_д = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 102} = \frac{4000 \cdot 78{,}5}{60 \cdot 102} = 5{,}1 \text{ кВт}.$$

Мощиость, развиваемая электродвигателем станка,

$$N = \frac{5{,}1}{0{,}79} = 6{,}46 \text{ кВт}.$$

Контрольные вопросы

1. Назовите основные узлы токарно-винторезного станка и их назначение.
2. Какие приспособления и принадлежности к токарным станкам применяются при обработке валов и втулок?
3. Назовите основные методы обработки и установки деталей на токарных станках.
4. Назовите основные элементы резца.
5. Каково назначение углов заточки резца?
6. От чего зависит износ резца? Как он измеряется?

7. Какую форму имеют передние поверхности расточных резцов с пластинкой твердого сплава?
8. Перечислите основные элементы режима резания.
9. Как определить скорость резания?
10. Как определить крутящий момент при расточке отверстий?
11. Как определить мощность, развиваемую электродвигателем станка?

Глава II

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА РАСТОЧНИКА

Рабочее место расточника — это участок производственной площади, на котором размещены станок, приспособления, принадлежности, обрабатываемые детали и вспомогательные устройства: инструментальный шкаф, комплектовочный стол, стеллажи для деталей, борштанг и оправок, набор принадлежностей к станку и подножная решетка.

Рациональная организация рабочего места обеспечивается наличием технологической оснастки, наиболее удобной планировкой оборудования и вспомогательных устройств, созданием санитарно-гигиенических и безопасных условий работы.

Рабочее место должно занимать возможно меньшую площадь, все предметы должны располагаться в наиболее удобном для работы порядке. Чтобы не было потерь времени на поиски нужных предметов, должен быть составлен их перечень, в котором следует указать количество и постоянное место. Схема типовой планировки рабочего места токаря-расточника показана на рис. 8.

Набор инструмента и принадлежностей зависит от характера работ, производимых на станке. Примерный перечень инструмента и принадлежностей, хранящихся в инструментальном шкафу на рабочем месте расточника, обычно содержит: режущий инструмент — сверла, зенкеры, развертки и резцы наиболее ходовых размеров; измерительный инструмент — масштабную линейку, штангенциркуль, индикаторы, штангенвысотомер, циркуль, установочные щупы; принадлежности — установочные и расточные оправки, призмы, параллели, установочные сухари, расточные, сверлильные и фрезерные патроны, переходные втулки, домкраты, подставки, прихваты, болты, резьбовые шпильки и сухари, масленку, щетку для уборки стружки, набор ключей.

Весь измерительный инструмент после окончания работы должен сдаваться рабочим в инструментально-раздаточную кладовую для своевременной проверки на контрольном пункте ОТК.

За каждым рабочим местом закрепляются необходимая технологическая документация и справочные материалы: карты наладки, таблицы скоростей и подач для различных материалов, таблицы углов заточки инструмента и диаметров сверл под резьбу и др.

В шкафу, предназначенном для хранения инструмента, должен полностью размещаться необходимый для работы инструмент, подлежащий постоянному хранению на рабочем месте. Располо-

жение инструмента и приспособлений должно быть наиболее удобным.

Сверла и развертки с коническим хвостовиком хранят в вертикальном положении. Для этого в выдвижных деревянных полках шкафа делают гнезда по возрастающим размерам инструментов.

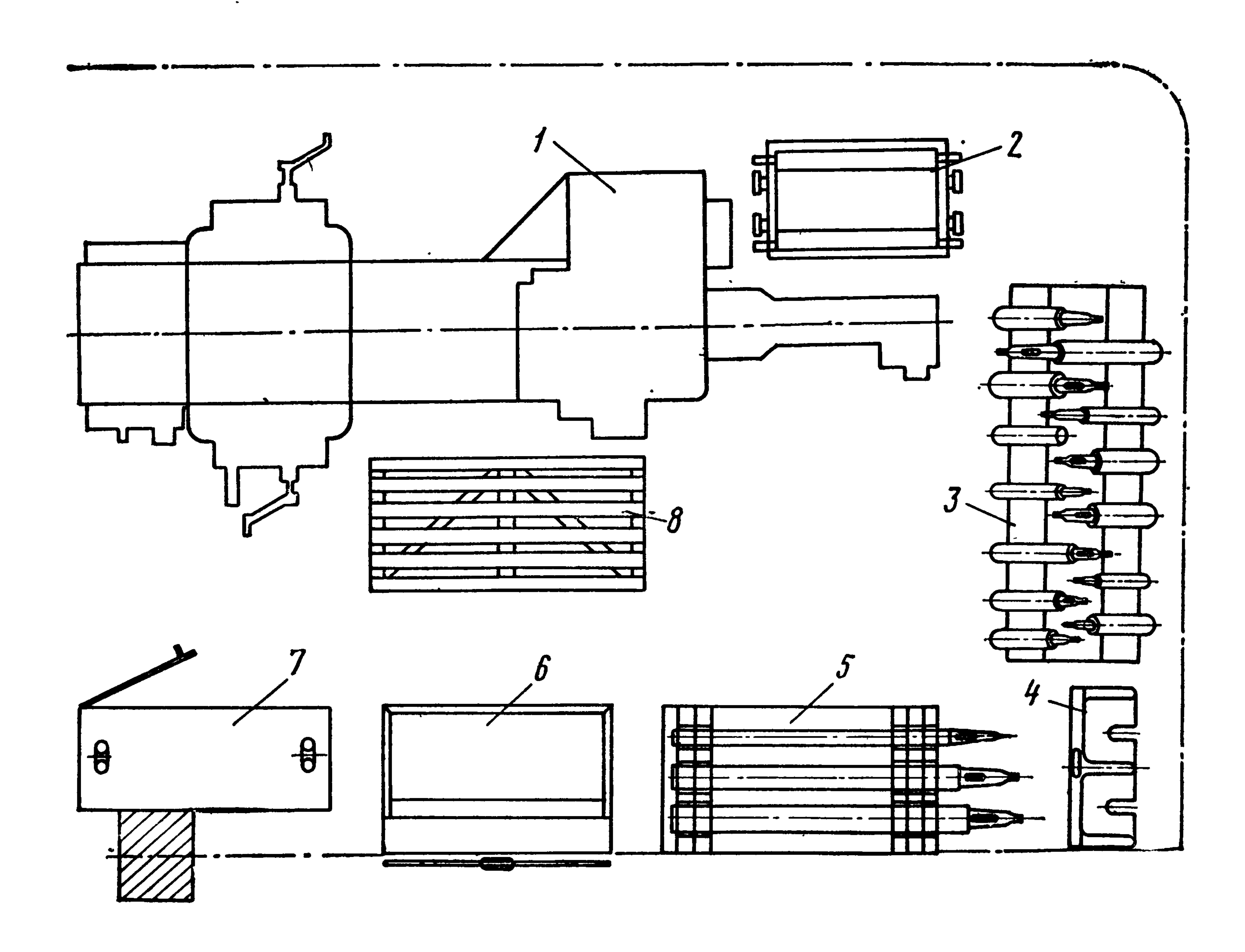


Рис. 8. Расположение оборудования на рабочем месте расточника:
1 — станок, 2 — ящик для стружки, 3 — стеллаж для борштанг и оправок, 4 — угольник, 5 — подставка для борштанг и оправок, 6 — комплектовочный стол, 7 — инструментальный шкаф, 8 — подножная решетка

Крепежные болты в сборе с прихватами, шайбами и гайками помещают в вырезах металлической планки. Резцы с цилиндрическим хвостовиком содержат в просверленных гнездах деревянных подставок высотой 50—60 мм, шириной 100—120 мм и длиной 200—250 мм. Резцы мелких размеров с быстрорежущими и твердосплавными пластинками хранят отдельно в коробках-пеналах.

На комплектовочном столе (рис. 9, *а*) инструмент располагается в технологической последовательности его применения для данной операции. Технологическая и другая документация хранится в ящиках стола. Вспомогательная оснастка (оправки, призмы, домкраты, подставки, патроны) располагается в нижней части стола.

При обработке крупных корпусных деталей пользуются рабочими чертежами, которые закрепляют в развернутом положении

на специальном устройстве, помещаемом на задней стенке комплектовочного стола.

Комплект оправок и борштанг хранят в специальном стеллаже (рис. 9, б). Борштанги больших размеров устанавливают в вертикальном положении с двух сторон стеллажа, благодаря чему обеспечивается их компактное размещение и отсутствие деформации под действием собственной массы. Борштанги и оправки меньших размеров хранят на полках стеллажа. Борштанги и оправки,

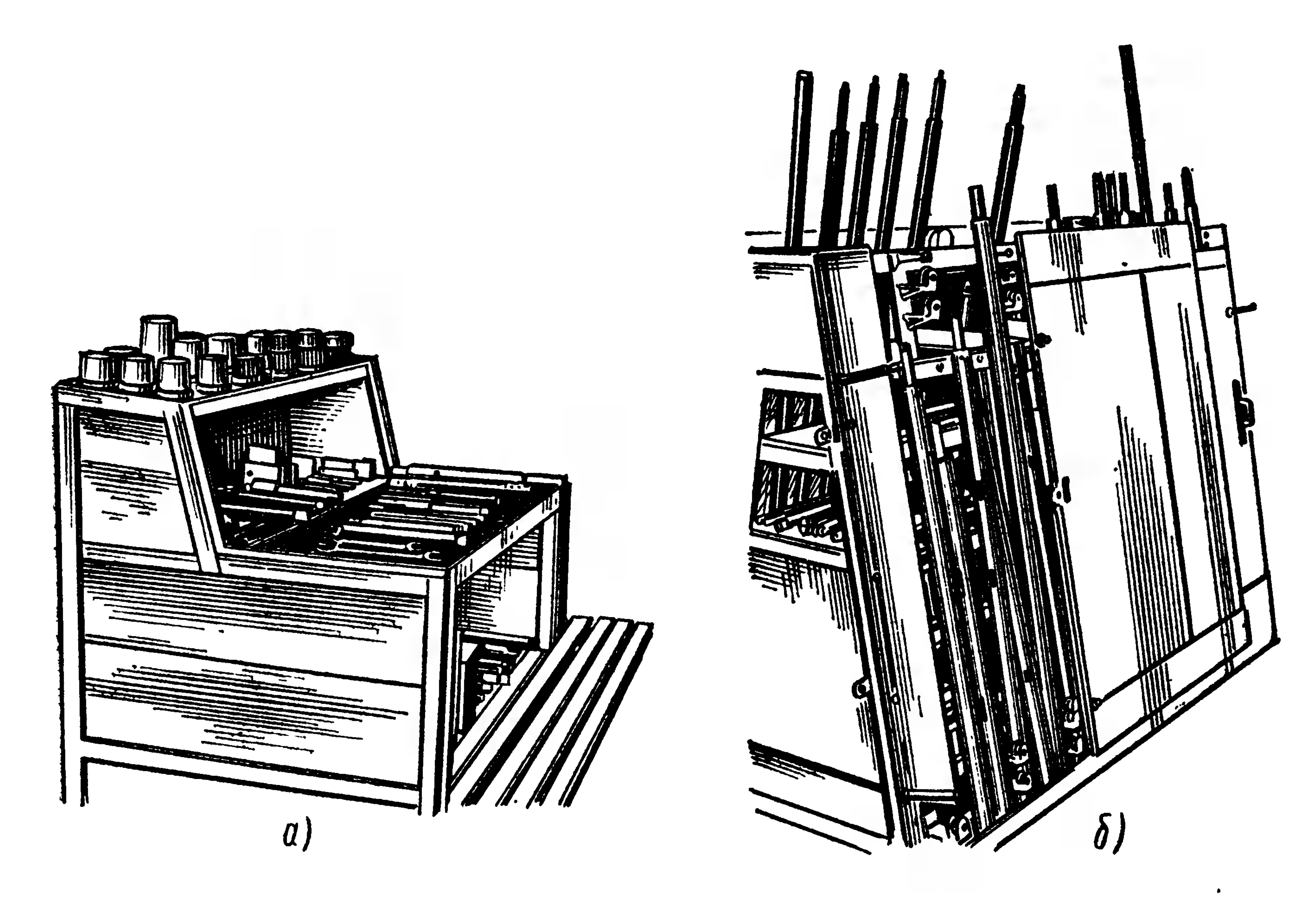


Рис. 9. Устройство для хранения инструмента на рабочем месте:
а — комплектовочный стол, *б* — стеллаж для борштанг и оправок

используемые в данный момент на станке, устанавливают на призматические подставки, обшитые ремнем. Запасные комплекты инструмента хранятся в инструментально-раздаточной кладовой.

Все расточные станки обычно обслуживаются мостовым краном или имеют дополнительно местные подъемники.

Организация труда на рабочем месте. Перед началом работы расточник должен:

проверить исправность станка (если станок неисправен, надо немедленно сообщить об этом дежурному слесарю) и смазать станок по инструкции. В процессе работы внимательно следить за смазкой станка маслом соответствующей марки, помня, что хорошая и своевременная смазка механизмов сохраняет точность работы станка и удлиняет срок его службы;

ознакомиться с предстоящей работой: изучить чертеж и техно-

логическую карту обработки детали, проверить наличие и исправность инструмента и приспособлений;

осмотреть заготовки и проверить их соответствие чертежу относительно припусков, отсутствия внешних пороков и других дефектов, влияющих на качество детали или стойкость инструмента;

удалить с рабочего места все, что не нужно для предстоящей работы.

Во время работы расточник должен:

инструмент класть на определенное место и использовать его по назначению;

беречь рабочие поверхности станка от ударов и грязи, не класть на них инструмент, ключи, детали и т. п.;

работать только острым и исправным инструментом: тупой инструмент увеличивает нагрузку на станок, что может привести к его поломке;

следить за тем, чтобы приспособление, инструмент и деталь были прочно закреплены;

после того как обработка закончена, удалить стружку со станка и приспособления (использовать для этого щетку и совок) в ящик для стружки.

По окончании работы расточник должен убрать рабочее место.

Бесперебойная и производительная работа расточника возможна лишь при условии своевременного обеспечения его рабочего места всем необходимым, и в первую очередь инструментом, приспособлениями, заготовками и технической документацией.

Инструменты, принадлежности и приспособления должны быть своевременно получены из инструментально-раздаточной кладовой цеха, где обеспечивается их выдача, приемка, хранение, учет и контроль. Для учета движения технологической оснастки применяется марочная система и инструментальные книги. Инструмент выдается рабочему в обмен на инструментальную марку или название инструмента записывается в инструментальную книгу. В инструментальных книгах ведется учет инструментов и приспособлений, постоянно находящихся на рабочем месте. Каждый случай поломки или утери инструментов мастер участка оформляет актом, на основании которого производится списание инструмента и удержание с виновника его полной или частичной стоимости. Правильное содержание и использование инструментов способствуют повышению производительности труда, улучшению качества и снижению себестоимости обработки деталей.

Контрольные вопросы

1. Как наиболее целесообразно организовать рабочее место токаря-расточника?
2. Как осуществляется организационно-техническое обслуживание рабочих мест?
3. Каковы основные правила организации труда расточника?

Глава III

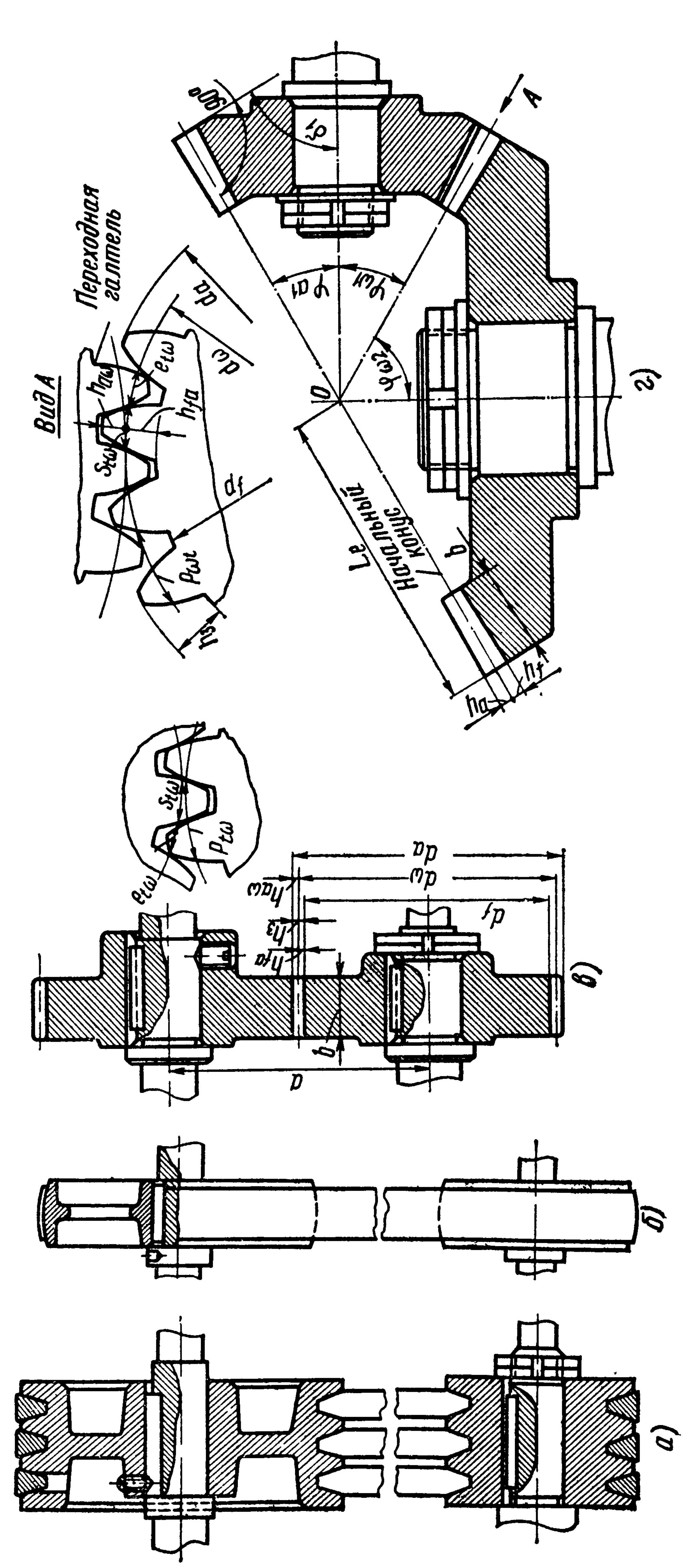
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КИНЕМАТИКЕ РАСТОЧНЫХ СТАНКОВ

§ 1. Передачи

Передача движения в расточном станке от электродвигателя к шпинделю, от шпинделя к столу и т. п. осуществляется посредством нескольких последовательно соединенных между собой передач.

Передачей называется механическое устройство, передающее движение с одного вала на другой или преобразующее вращательное движение в поступательное. К числу простейших передач относятся: ременная (рис. 10, *а, б*), зубчатая с цилиндрическими колесами (рис. 10, *в*), зубчатая с коническими колесами (рис. 10, *г*), червячная (рис. 10, *д*), винтовая (рис. 10, *е*), реечная (рис. 10, *ж*). Каждая передача состоит из двух соединенных между собой элементов кинематической пары: два шкива, два колеса, червяк и червячное колесо, винт и гайка, рейка и реечная шестерня.

В расточном станке применяют и более сложные механизмы, состоящие из нескольких передач, например дифференциальный ме-



ханизм (см. рис. 11, *а*), реверсивный механизм с кулачковой муфтой (см. рис. 11, *б*).

Ременная передача (рис. 10, *а, б*) применяется при значительном расстоянии между осями валов. Передача осуществляется от ведущего вала к ведомому при помощи ремня, охватывающего шкивы с некоторым натяжением. В зависимости от формы сечения ремней ременные передачи делятся на клиноременные, плоскоременные и зубчатые. Ремни прямоугольного сечения могут быть кожаными, прорезиненными, хлопчатобумажными. Для клиноременных передач применяют только прорезиненные ремни клиновидной формы. Преимущество клиноременной передачи заключается в большем трении между ремнем и шкивом, благодаря чему она передает бóльшую мощность при той же площади сечения ремня. Кроме того, клиноременная передача более практична в эксплуатации и не требует затрат времени и средств на перешивку ремней.

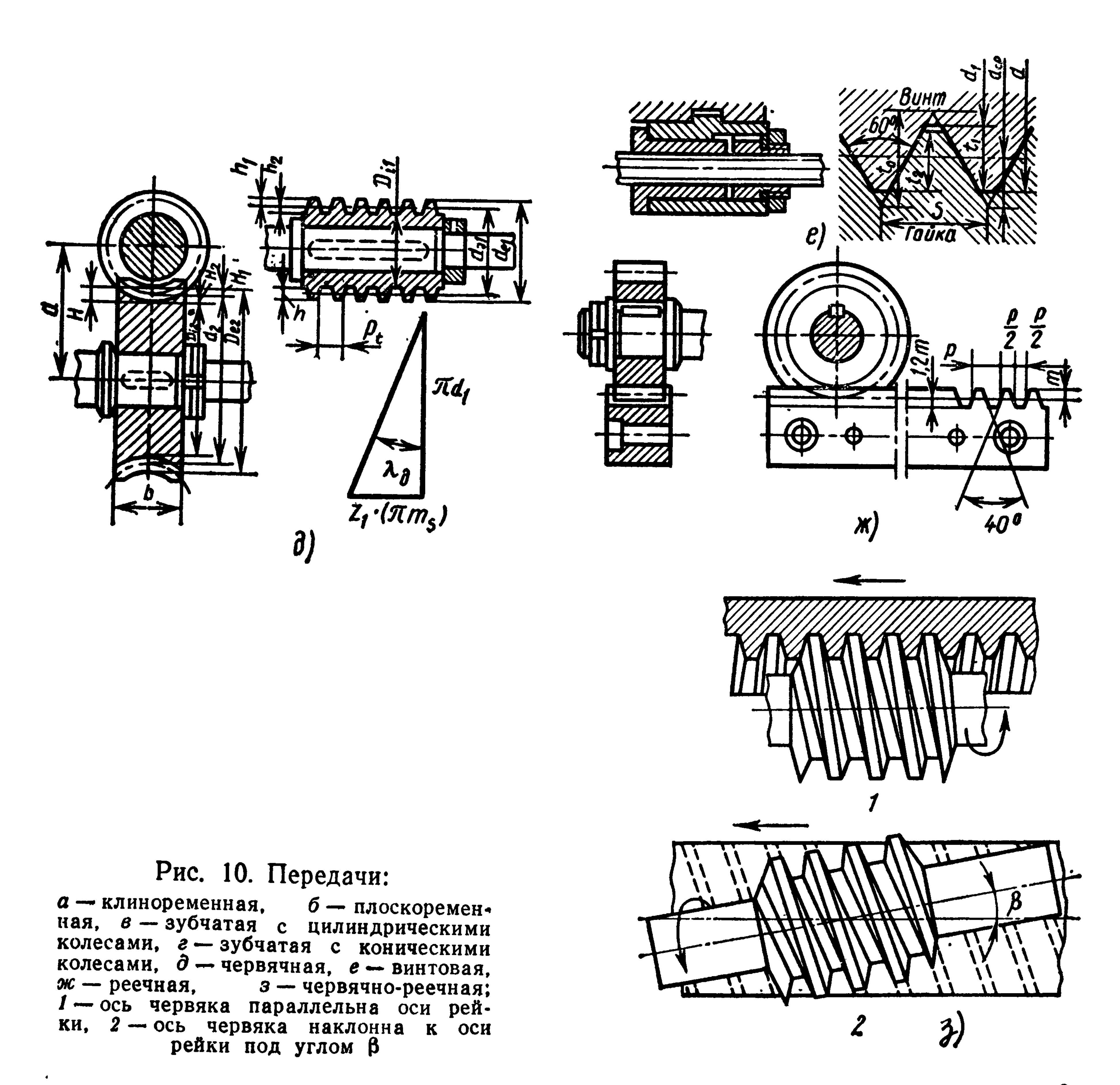


Рис. 10. Передачи:

а — клиноременная, *б* — плоскоременная, *в* — зубчатая с цилиндрическими колесами, *г* — зубчатая с коническими колесами, *д* — червячная, *е* — винтовая, *ж* — реечная, *з* — червячно-реечная; *1* — ось червяка параллельна оси рейки, *2* — ось червяка наклонна к оси рейки под углом β

Зубчатая передача с цилиндрическими (рис. 10, *в*) или коническими колесами (рис. 10, *г*) имеет наибольшее распространение в машиностроении, так как передает значительную мощность и обеспечивает постоянство передаточного отношения.

Различают следующие элементы зубчатого колеса (рис. 10, *в*): наружный диаметр d_a, внутренний диаметр d_f, начальный диаметр d_ω, высоту зуба $h_з$, высоту головки зуба $h_{a\omega}$, высоту ножки зуба h_{fa}, шаг зацепления $p_{t\omega}$, толщину зуба $s_{t\omega}$, ширину впадины $e_{t\omega}$, межосевое расстояние a, длину зуба b, модуль m и число зубьев z.

Шаг зубчатого зацепления $p_{t\omega}$ — это длина пути начальной окружности между двумя аналогичными точками двух соседних зубьев.

Модулем m (мм) зуба колеса называется отношение шага зацепления к числу $\pi=3{,}14$:

$$m = p_{t\omega}/\pi,$$

откуда $p_{t\omega}=\pi m$ мм, т. е. шаг зубчатого зацепления равен модулю, умноженному на число π.

Модуль зубчатых передач выбирается по ГОСТ 16530—70÷÷16532—70.

Размеры остальных элементов зубчатого колеса также выражаются через модуль и определяются по формулам, мм:

$$d_a = m(z+2); \quad h_з = 2{,}2m; \quad s_{t\omega} = \frac{9}{20} p_{ta};$$

$$d_f = m(z-2{,}4); \quad h_{a\omega} = m; \quad e_{f\omega} = \frac{11}{20} p_{ta};$$

$$d_\omega = m \cdot z; \quad h_{fa} = 1{,}2m; \quad a = m\,\frac{z_1+z_2}{2};$$

$$b \approx 10m.$$

Цилиндрические зубчатые колеса обеспечивают передачу вращения между валами, оси которых параллельны.

Конические колеса передают вращение между валами, оси которых перпендикулярны друг к другу. Размеры зуба конического колеса неодинаковы по длине зуба, поэтому элементы конического колеса определяются для его наибольшего начального диаметра d_ω по развертке обратного конуса с применением тех же формул, что и для цилиндрических колес.

Угол обратного конуса (рис. 10, *г*) $2_{\varphi\omega 2}=180-2_{\varphi\,a1}$, где $2_{\varphi\,a1}$ — угол начального конуса.

Червячная передача (рис. 10, *д*) применяется для передачи вращения между валами, оси которых скрещиваются под углом 90°.

Червячная передача состоит из червячного колеса *1* с зубьями определенной формы и червяка *2* — винта с трапецеидальной нарезкой. Особенностью червячной передачи является ее компактность при большом передаточном отношении.

Разрежем мысленно червяк по его образующей параллельно оси и развернем в горизонтальной плоскости одну полную нитку червяка по начальному диаметру $d_{\partial 1}$. В полученном прямоугольном треугольнике один катет равен длине окружности начального диаметра червяка πd_1, другой — осевому шагу нарезки червяка $z_1 \cdot (\pi m_s)$, угол λ_∂ — угол подъема винтовой линии червяка по начальному диаметру.

Если обозначить z_1 — число заходов червяка, m_s — модуль в сечении, параллельном оси червяка, $d_{\partial 1}$ — начальный диаметр червяка, b — ширину червячного колеса, z_2 — число зубьев червячного колеса, d_2 — диаметр начального цилиндрического колеса, p_t — шаг зацепления, то угол $\lambda_д$ определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \lambda_\partial = \frac{z_1 \cdot \pi \cdot m_s}{\pi \cdot d_{\partial 1}} = \frac{z_1 \cdot m_s}{d_{\partial 1}}.$$

Угол подъема винтовой линии червяка $\lambda_д$ составляет от 3,5 до 28°.

Основные зависимости элементов червячной передачи, мм:

$$d_2 = m_s \cdot z_2; \quad d_{\partial 1} = \frac{z_1 \cdot m_s}{\operatorname{tg} \lambda_\partial};$$

$$b = (6 \div 11) m; \quad p_t = \pi m_s.$$

Винтовая передача (рис. 10, *е*) применяется в расточных станках для передачи движения и преобразования вращательного движения механизма коробки передач в прямолинейное поступательное движение шпинделя, шпиндельной бабки, опоры задней стойки или стола.

Винтовая передача состоит из гайки, соединенной с рабочим органом станка, которому сообщается подача, и винта, получающего вращение от механизма подач станка, но не имеющего осевого перемещения. Винтовая передача может быть однозаходной или многозаходной. Если необходимо быстрое механическое перемещение рабочего органа или его перемещение от руки, тогда винтовая передача выполняется многозаходной с большим шагом. Например, для привода подачи шпиндельной бабки и опоры задней стойки расточного станка 262Г применена двухзаходная винтовая передача, а для привода подачи шпинделя — трехзаходная. Если винтовая передача используется для установочных перемещений под нагрузкой, периодической подачи или вертикального перемещения, тогда она должна быть самотормозящей однозаходной или двухзаходной. Самоторможение винтовой передачи обеспечивается, когда угол подъема винтовой линии не превышает 6°.

Достоинствами винтовой передачи являются: малые габариты, плавное, равномерное и точное перемещение рабочего органа и большое тяговое усилие при малой мощности привода.

Ходовые винты и гайки имеют резьбу трапецеидального профиля с углом профиля 30°, метрическая резьба — 60°.

Точность перемещения рабочего органа, осуществляемая винтовой передачей, зависит от точности резьбы винта и гайки, а также от минимального биения резьбы относительно опорных шеек и других факторов, величина которых назначается и контролируется в зависимости от класса точности винтовой передачи.

В станках с числовым программным управлением применяются шариковые винтовые передачи.

Реечная передача (рис. 10, *ж*) также служит для преобразования вращательного движения в поступательное и применяется в расточном станке для радиальной подачи суппорта планшайбы, продольного перемещения стола и в механизмах переключения подач и скоростей.

Реечная передача состоит из рейки, имеющей прямолинейный профиль зуба с углом профиля 40°. Рейка закрепляется на подвижном рабочем органе и зацепляется с реечной шестерней, получающей вращение от руки рабочего или механизма подачи станка.

Особенностями реечной передачи являются: большая подача перемещающегося узла за один оборот реечной шестерни, высокий коэффициент полезного действия и отсутствие самоторможения. В связи с этим реечная передача применяется для ручного привода быстрых подач и не применяется для вертикальных перемещений тяжелых неуравновешенных частей станка.

Диаметр реечного колеса и число его зубьев стремятся делать возможно меньшими, чтобы облегчить привод подачи и сократить длину цепи привода подачи. Рейка чаще всего крепится к станине, а реечная шестерня монтируется в столе.

В расточных станках применяются также винтовые реечные передачи, состоящие из червяка (винт) и рейки (срезанная гайка), или из червяка и рейки с прямым или наклонным зубом (рис. 10, *з*).

Реечная винтовая передача выполняется с осью червяка, параллельной или наклонной к оси рейки под углом β.

§ 2. Механизмы расточных станков

Дифференциальный механизм (рис. 11, *а*) — это соосная зубчатая передача, состоящая из центральных колес z_1, z_4, сателлитов z_2, z_3 и водила A. Сателлиты вращаются относительно оси центральных колес вместе с водилом и одновременно относительно оси водила.

Дифференциальный механизм позволяет получить точные передаточные отношения с определенным замедлением или ускорением вращения, а также складывать два движения на один вал.

Три элемента дифференциальной передачи z_1, z_4, A получают или передают вращение с частотой вращения валов n_1, n_4 и водила n_0. При этом движение сообщается двум любым элементам передачи и снимается с третьего.

Реверсивный механизм (рис. 11, *б*) служит для изменения направления вращения одного из валов, связанных переда-

чей, при неизменном направлении вращения другого вала. Это достигается переключением зубчатой муфты *1* из крайнего левого в крайнее правое положение или наоборот. При сцеплении зубчатой муфты *1* с одним из конических колес *2* или *3* вращение вала *4* передается валу *5* через скользящую шпонку муфты *1* по часовой или против часовой стрелки. Реверсивный механизм такого типа

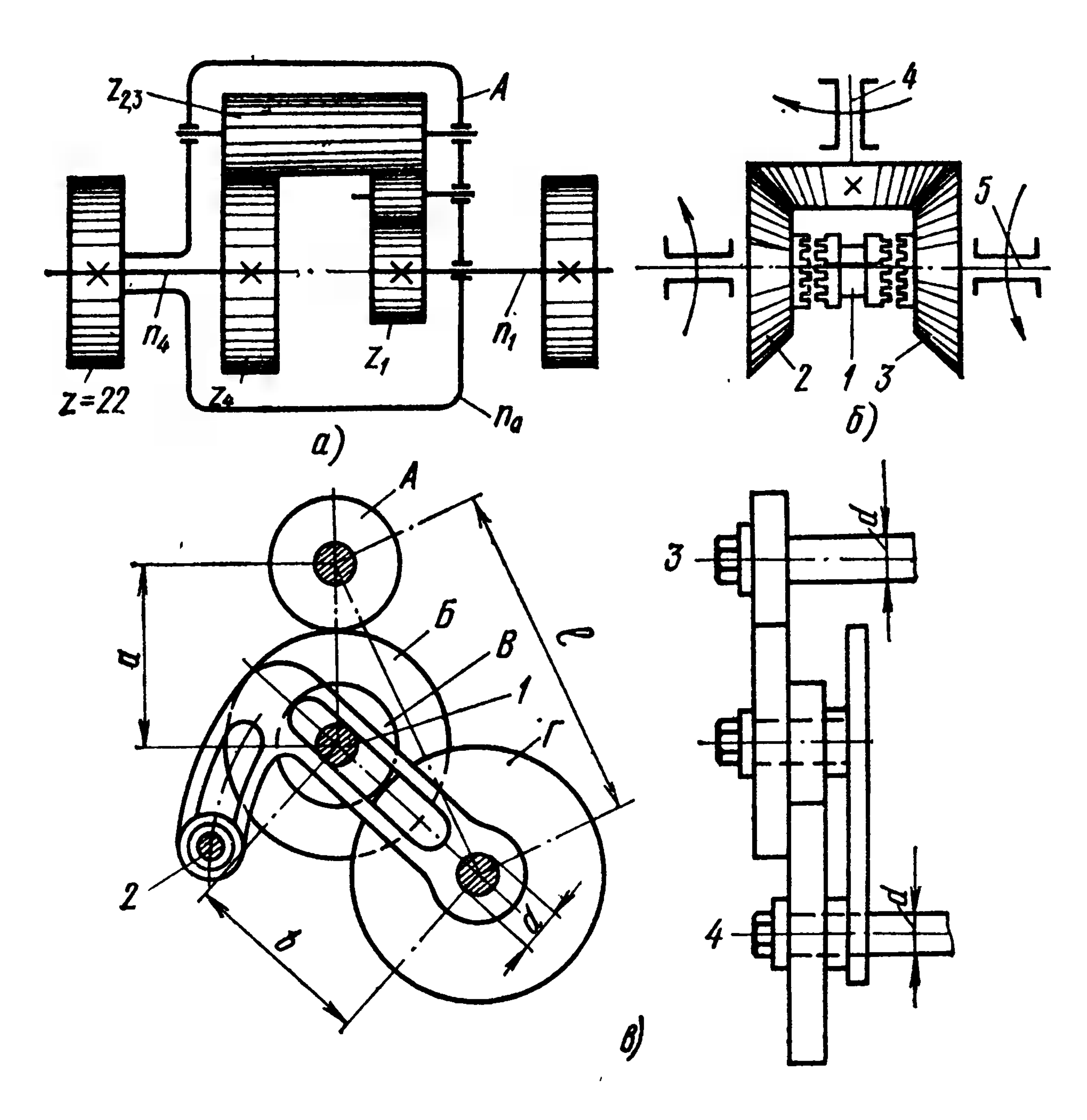


Рис. 11. Механизмы расточного станка:
а — дифференциальный, *б* — реверсивный, *в* — гитара сменных зубчатых колес

применяется в расточном станке модели 262Г.

Гитара сменных зубчатых колес (рис. 11, *в*) — это устройство, обеспечивающее сцепление сменных колес с числом зубьев *А, Б, В, Г*, имеющих необходимое передаточное отношение. Способ расчета чисел зубьев сменных колес будет описан далее. Необходимое расстояние *a* и *b* между центрами сменных колес обеспечивается за счет перемещения пальца *1* по пазу приклона гитары и поворота приклона относительно оси, после чего приклон закрепляется винтом *2*. Расстояние между осями колес *l* является постоянным.

Определим условия сцепляемости колес гитары. Пусть диаметры колес *А* и *Г* равны $d = 13\ m$. Тогда сменные колеса гитары сцепятся между собой при условии зазора между наружным диаметром колеса *Б* и валом *4*, а также колеса *В* и валом *3*:

$$m \cdot \frac{А+Б}{2} > m \cdot \frac{В+2}{2} + \frac{13 \cdot m}{2}, \text{ откуда } А+Б > В+15,$$

$$m \cdot \frac{В \cdot Г}{2} > m \cdot \frac{Б+2}{2} + \frac{13 \cdot m}{2}, \text{ откуда } В+Г > Б+15.$$

§ 3. Классификация движений в расточных станках

Среди многих движений различных механизмов и частей расточного станка следует различать основные виды движений, определяющие технологические возможности и особенности станка.

Основными видами движений в станках являются: главное движение, движение подачи, установочное движение управления.

Главное движение определяет скорость резания. В расточных станках — это вращение шпинделя или планшайбы с инструментом.

Движение подачи s в расточных станках сообщается шпинделю, радиальному суппорту планшайбы, столу или шпиндельной бабке (в зависимости от характера обработки).

Установочное движение обеспечивает исходное взаимное положение детали и инструмента. В расточных станках установочное движение сообщается столу или шпинделю (в зависимости от характера обработки).

Движение управления обеспечивает наладку станка на нужный режим работы. В расточных станках движение управления сообщается от рукояток, рычагов и маховиков механизмам шпиндельной бабки, при наладке частоты вращения и подач шпинделя, планшайбы и стола.

§ 4. Кинематические цепи расточного станка и их условное изображение на кинематической схеме

Кинематической цепью станка называется совокупность соединенных между собой кинематических пар (передач) от источника движения (начального звена цепи) до рабочего органа станка (конечного звена цепи). Источником движения могут быть электродвигатель, шпиндель, планшайба или другой рабочий орган станка. Конечным звеном цепи могут быть шпиндель, шпиндельная бабка, планшайба, стол, опора задней стойки или другой рабочий орган станка.

Виды кинематических цепей соответствуют виду движения рабочего органа станка. Например, в расточных станках различают кинематические цепи главного движения, подачи, установочных или ускоренных перемещений и управления.

Кинематической схемой станка называется условное изображение его кинематических цепей в их взаимной связи.

На кинематических схемах станков различные виды передач, механизмов и деталей имеют условное обозначение (табл. 1). Для чтения и изучения кинематических схем необходимо запомнить эти условные обозначения.

Подшипник скольжения и качения (на валу):

а) общее обозначение без уточнения типа

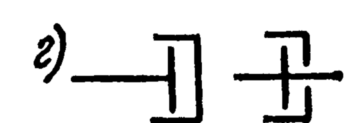


б) подшипник скольжения



в) подшипник скольжения с кольцевой смазкой

г) подшипник скольжения упорный

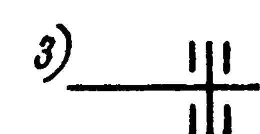


д) подшипник качения радиальный шариковый

е) подшипник качения радиально-упорный шариковый

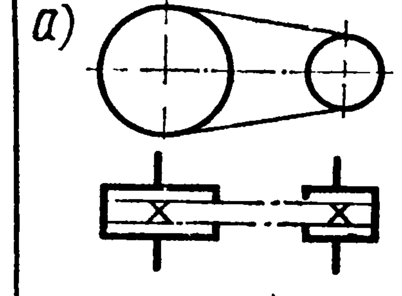
ж) подшипник качения упорный односторонний

з) подшипник качения упорный двусторонний

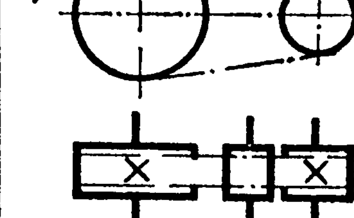


Передачи плоским ремнем:

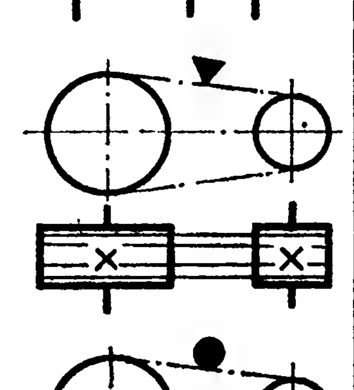
а) прямая



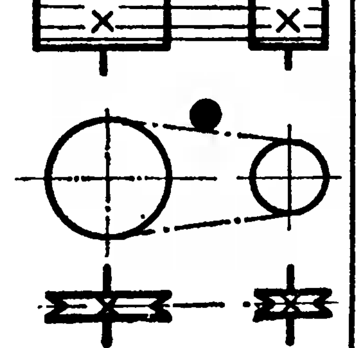
б) прямая с натяжным роликом



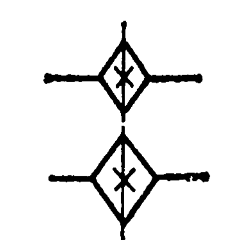
Передача клиновидными ремнями



Передача круглым ремнем и шнуром

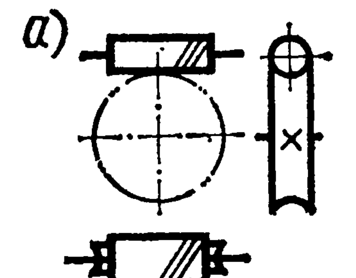


Передача цепью: общее обозначение, без уточнения типа

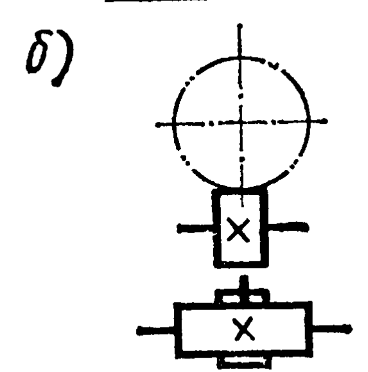


Зубчатые зацепления, передачи между валами, оси которых скрещиваются:

а) передача червячная

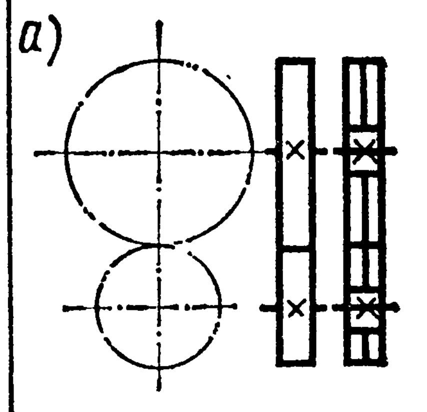


б) передача винтовая

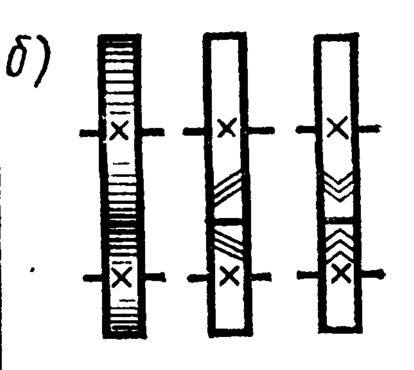


Зубчатые зацепления между валами, оси которых параллельны — передачи цилиндрические:

а) внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа)

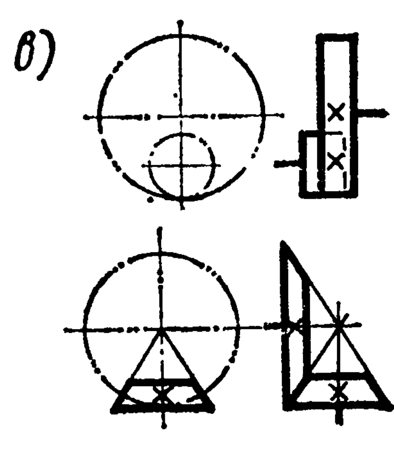


б) то же, но с прямыми, косыми и шевронными зубьями



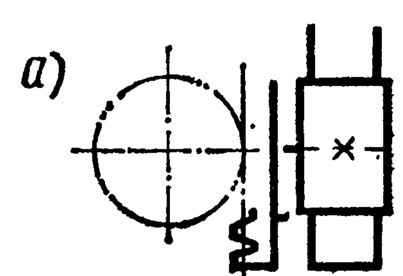
в) внутреннее зацепление

Зубчатые зацепления между валами, оси которых пересекаются, — передачи конические

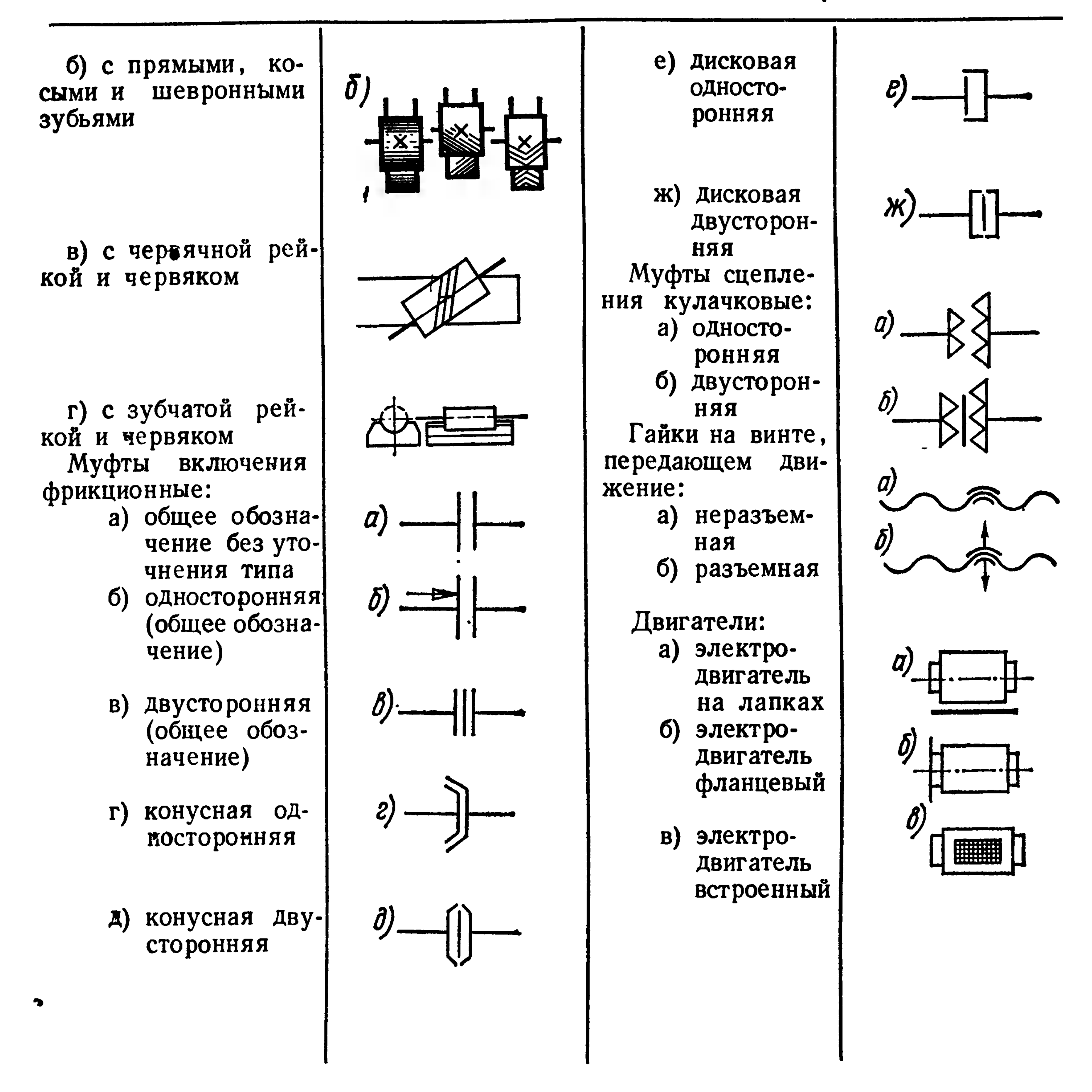


Реечное зацепление:

а) общее обозначение без уточнения типа зубьев



Продолжение табл.



б) с прямыми, косыми и шевронными зубьями	б)	е) дисковая односторонняя	е)
		ж) дисковая двусторонняя	ж)
в) с червячной рейкой и червяком		Муфты сцепления кулачковые: а) односторонняя	а)
		б) двусторонняя	б)
г) с зубчатой рейкой и червяком		Гайки на винте, передающем движение: а) неразъемная	а)
Муфты включения фрикционные: а) общее обозначение без уточнения типа	а)	б) разъемная	б)
б) односторонняя (общее обозначение)	б)	Двигатели: а) электродвигатель на лапках	а)
в) двусторонняя (общее обозначение)	в)	б) электродвигатель фланцевый	б)
г) конусная односторонняя	г)	в) электродвигатель встроенный	в)
д) конусная двусторонняя	д)		

§ 5. Передаточные отношения различных передач, механизмов и кинематических цепей

Из двух элементов (звеньев) каждой передачи один является ведущим, другой — ведомым. Ведущий элемент, или звено, расположен со стороны источника движения и передает движение. Ведомый элемент, или звено, расположен со стороны рабочего органа и воспринимает движение. Вал, на котором закреплен ведущий элемент передачи, называется **ведущим**. Вал, на котором закреплен ведомый элемент передачи, называется **ведомым**.

Передаточным отношением называется отношение частоты вращения ведомого вала к частоте вращения ведущего вала $u = n_2/n_1$, откуда $n_2 = n_1 \cdot u$; $n_1 = n_2/u$, где u — передаточное отношение; n_1 — частота вращения ведущего вала в минуту; n_2 — частота вращения ведомого вала в минуту.

Передаточные отношения различных передач рассчитываются по формулам:

для ременной передачи $u=n_2/n_1=d_1/d_2$, где d_1, d_2 — диаметры ведущего и ведомого шкивов;

для зубчатой и цепной передач $u=n_2/n_1=z_1/z_2$, где z_1, z_2 — числа зубьев ведущего и ведомого колес или звездочек;

для червячной передачи $u=z_1/z_2$, где z_1 — число ходов червяка; z_2 — число зубьев червячного колеса.

При однозаходном червяке $z_1=1$, т.е. $u=1/z_2$.

Если кинематическая цепь состоит из нескольких последовательно соединенных передач, то общее передаточное отношение кинематической цепи равно отношению частоты вращения конечного звена к частоте вращения начального звена цепи или произведению частных передаточных отношений всех передач, составляющих данную кинематическую цепь.

Пример 1. Определить общее передаточное отношение кинематической цепи (рис. 12), если числа зубьев зубчатых колес $z_1=25$, $z_2=45$, $z_3=30$, $z_4=50$, $z_5=36$, $z_6=48$.

Передаточное отношение кинематической цепи

$$u=u_1\cdot u_2\cdot u_3=\frac{z_1\cdot z_3\cdot z_5}{z_2\cdot z_4\cdot z_6}=\frac{25\cdot 30\cdot 36}{45\cdot 50\cdot 48}=\frac{1}{4}.$$

Знак передаточного отношения кинематической цепи положителен (+), если направление вращения конечного и начального звеньев цепи одинаковое, и отрицателен (—), если направления их вращения различные. Положительный знак передаточного отношения кинематической цепи обеспечивается, когда кинематическая цепь состоит из четного числа зацеплений (рис. 13, *а*), и отрицательный — при нечетном числе зацеплений (рис. 13, *б*).

Если в кинематической цепи имеются передачи с внутренним зацеплением, то при определении знака передаточного отношения кинематической цепи необходимо учитывать, что при наружном

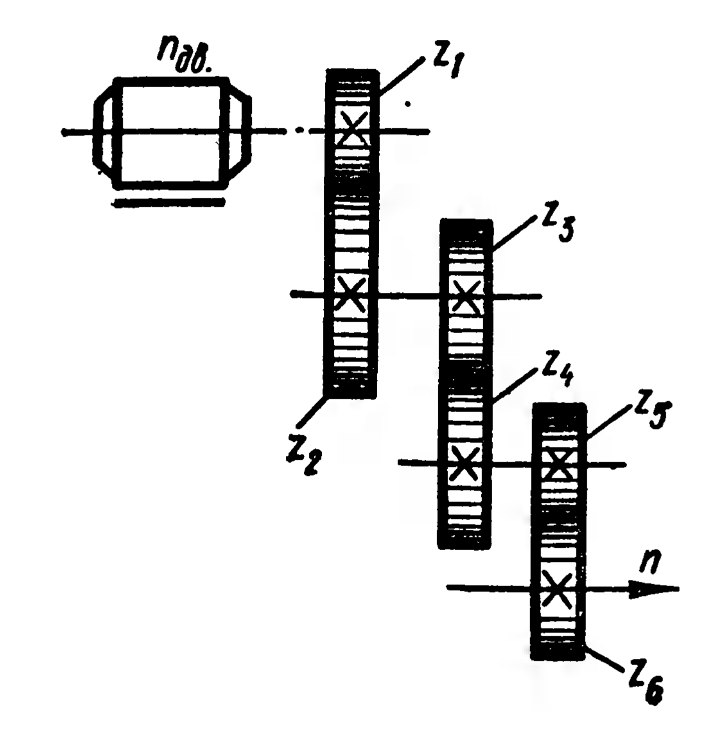


Рис. 12. Пример кинематической цепи

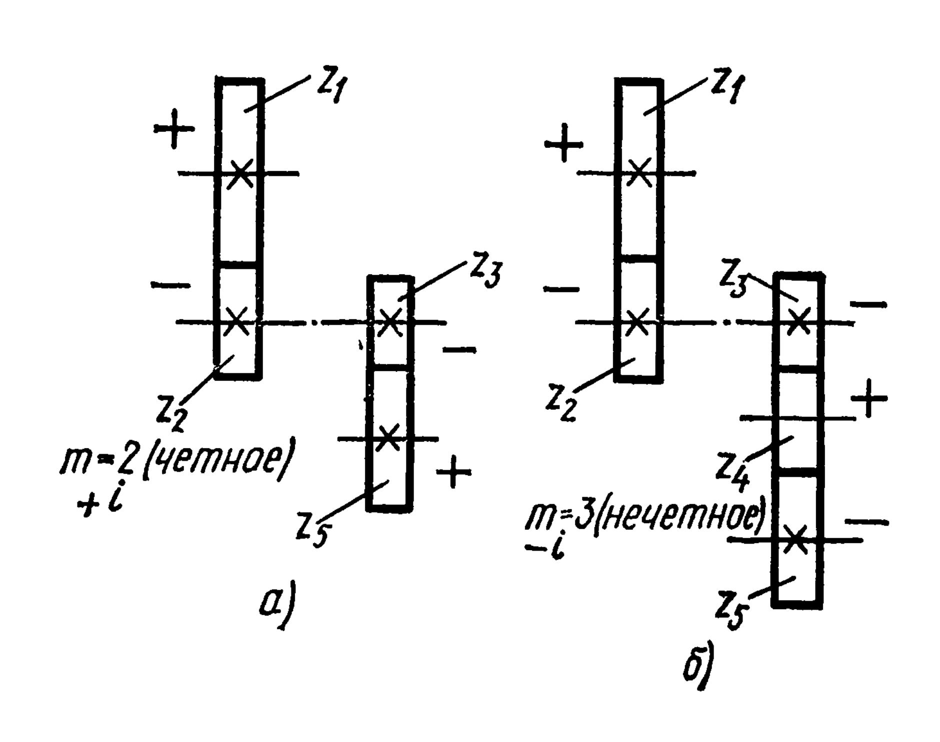


Рис. 13. Кинематические цепи:

а — с четным числом зацеплений, *б* — нечетным числом зацеплений и промежуточным зубчатым колесом

зацеплении двух зубчатых колес они вращаются в противоположных направлениях, а при внутреннем зацеплении — в одном направлении.

Если в любую кинематическую цепь включить паразитное зубчатое колесо, которое одновременно сцепляется с ведущим и ведомыми колесами, то передаточное отношение этой цепи сохранит абсолютную величину, но изменится по знаку. Например, кинематическая цепь, изображенная на рис. 13, *а*, отличается от кинематической цепи, показанной на рис. 13, *б*, только наличием промежуточного зубчатого колеса z_4. Изменение знака передаточного отношения кинематической цепи практически осуществляется посредством реверсивных механизмов или введением паразитного зубчатого колеса в гитару сменных колес.

§ 6. Расчет подач

Винтовая передача (см. рис. 10, *е*) обеспечивает подачу гайки за один оборот винта на величину $s_0 = k \cdot t$, где s_0 — подача гайки по винту; мм/об; k — число заходов винта; t — шаг винта, мм.

Подача гайки за одну минуту вычисляется по формуле, мм/мин, $s_м = k \cdot t \cdot n$, где n — частота вращения винта в минуту.

Пример 2. Определить поперечную подачу стола расточного станка, если число заходов винта поперечной подачи $k=1$, шаг винта $t=6$ мм, частота вращения винта в минуту $n=12$ об/мин.

Поперечная подача стола $s_м = k \cdot t \cdot n = 1 \cdot 6 \cdot 12 = 72$ мм/мин.

Реечная передача (см. рис. 10, *ж*) обеспечивает подачу рейки за один оборот реечного колеса на длину начальной окружности реечного колеса:

$$s_0 = \pi \cdot m \cdot z,$$

где s_0 — подача рейки или реечного колеса, мм/об; m — модуль реечной передачи, мм; z — число зубьев реечного колеса.

Подача рейки за одну минуту вычисляется по формуле, мм/мин,

$$s_м = \pi \cdot m \cdot z \cdot n,$$

где n — частота вращения реечного колеса в минуту.

Реечная винтовая передача (см. рис. 10, *з*) обеспечивает подачу рейки за один оборот червяка:

$$s_0 = z_1 p_t,$$

где s_0 — подача рейки, мм/об; z_1—число ходов червяка; p_t — шаг червяка, мм.

Подача рейки за одну минуту, мм/мин:

$$s_м = n \cdot z_1 \cdot p_t \text{ (см. рис. 10, } з — 1\text{)};$$

$$s_м = n \cdot z_1 \cdot p_t \cdot \cos \beta \text{ (см. рис. 10, } з — 2\text{)}.$$

Пример 3. Определить продольную подачу стола расточного станка в минуту, если число зубьев реечного колеса $z_2=11$, модуль $m=5$ мм, частота вращения реечного колеса в минуту $n=2{,}5$ об/мин.

Продольная подача стола $s_м=\pi \cdot m \cdot z_2 \cdot n=3{,}14 \cdot 5 \cdot 11 \cdot 2{,}5=431{,}75$ мм/мин.

Контрольные вопросы

1. Какие виды передач применяются в станках?
2. Что такое модуль зубчатого зацепления?
3. Как определяется шаг зубчатого колеса?
4. В каких случаях применяют ременную, червячную и винтовую передачи?
5. В чем состоят достоинства реечной передачи и дифференциального механизма?
6. Для чего применяется реверсивный механизм?
7. Какие виды движений различают в станках?
8. Что такое кинематическая цепь и кинематическая схема?
9. Что называется передаточным отношением? Как определяется передаточное отношение зубчатых колес, червячной и ременной передач?
10. Как определить передаточное отношение кинематической цепи?
11. Что такое промежуточное зубчатое колесо? Как оно влияет на передаточное отношение?
12. По какой формуле определяется подача за один оборот ходового винта, подача рейки в минуту?
13. Какие типы реечных передач применяются в расточных станках?

Глава IV

РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ

По общепринятой классификации расточные станки подразделяются на горизонтально-расточные, координатно-расточные, алмазно-расточные и специальные, к числу которых относятся и агрегатно-расточные станки.

§ 1. Типы горизонтально-расточных станков

Горизонтально-расточные станки по своей компоновке разделяются на три типа, имеющие несколько исполнений (рис. 14).

Тип I (рис. 14, *а*) — это станки со столом, имеющим два взаимно перпендикулярных перемещения. Диаметр расточного шпинделя 50—125 мм. На общей станине смонтированы передняя стойка, стол и задняя стойка. Передняя стойка неподвижна. Задняя стойка и каретка стола имеют установочные перемещения по направляющим станины. Поворотный стол передвигается параллельно оси шпинделя (продольное перемещение) и по направляющим каретки стола перпендикулярно оси шпинделя (поперечное перемещение). По вертикальным направляющим передней стойки движется шпиндельная бабка. Исполнение *1* отличается от исполнения *2* наличием радиального суппорта. Представителем этого типа станков является станок модели 2620 (см. рис. 18).

Тип II (рис. 14, *б*) — это станки со столом, имеющим одно перемещение. Они предназначены для обработки средних и крупных деталей. Диаметр расточного шпинделя 150—200 мм. Станина со-

стоит из трех частей, скрепленных между собой. Передняя стойка движется по направляющим станины параллельно оси шпинделя. Стол перемещается по направляющим средней части перпендикулярно оси шпинделя. Задняя стойка имеет продольное перемещение по станине. Станок снабжен радиальным суппортом. Исполнение *1* отличается от исполнения *2* наличием поворотного стола. Представителем этого типа станков является станок модели 2654 (рис. 15).

Тип III (рис. 14, *в*) — это станки с поперечно-подвижной передней стойкой и с неподвижной плитой. Они предназначены для обработки средних и крупных деталей. Диаметр расточного шпинделя 150—320 мм. Станина состоит из двух частей, не связанных между собой. Передняя стойка имеет поперечное перемещение по направляющим станины. Задняя стойка передвигается по станине

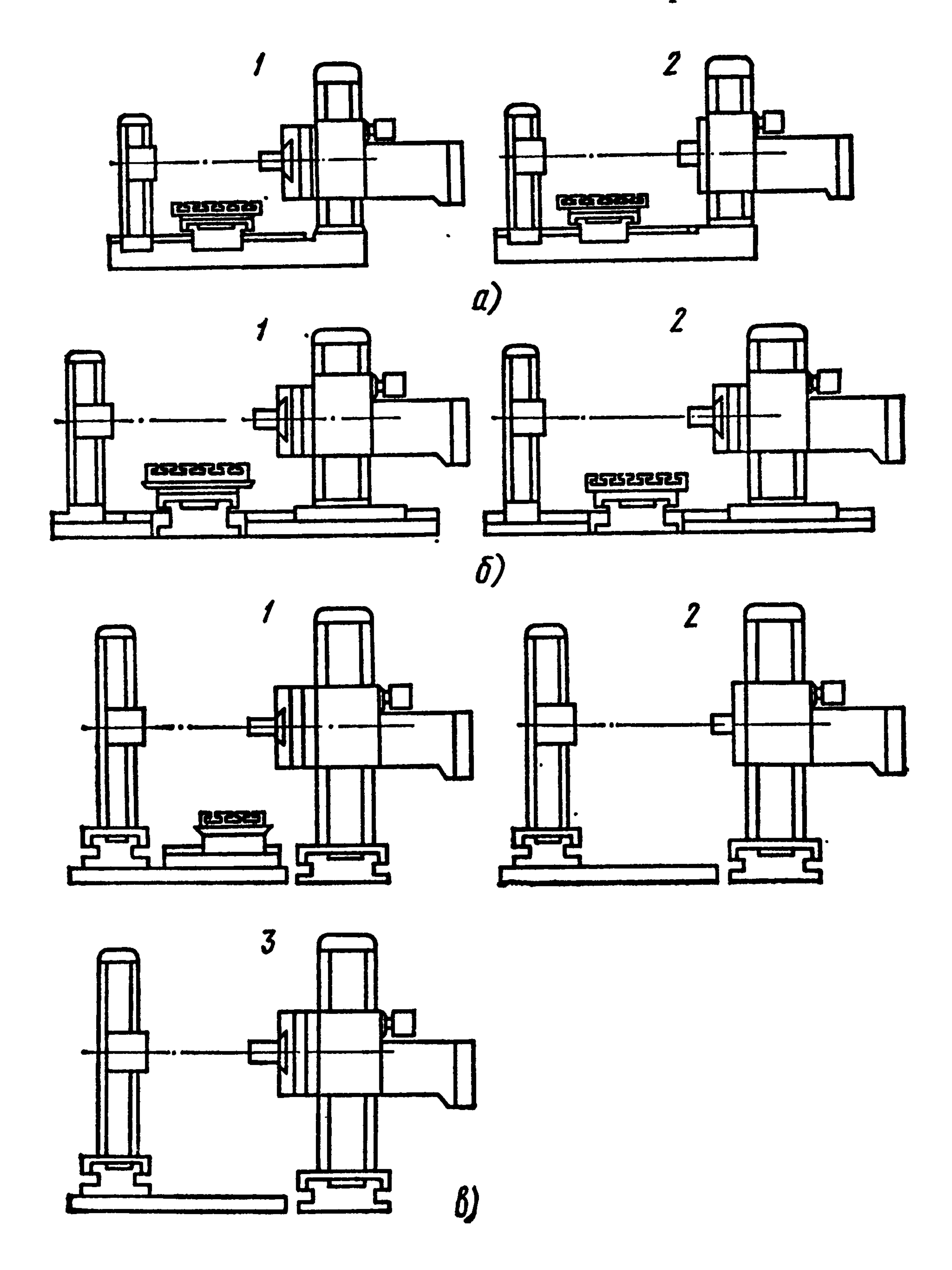


Рис. 14. Типы компоновок и исполнений горизонтально-расточных станков:

а — станки со столом, имеющим два взаимно перпендикулярных перемещения, *б* — станки со столом, имеющим одно перемещение, *в* — станки с поперечно-подвижной передней стойкой и неподвижной плитой

в поперечном направлении по салазкам или переставляется краном. Обрабатываемая деталь неподвижна. Станки имеют три исполнения: *1* — с радиальным суппортом и съемным поворотным столом, имеющим продольное перемещение; 2 — без радиального суппорта и продольного перемещения передней стойки (обрабаты-

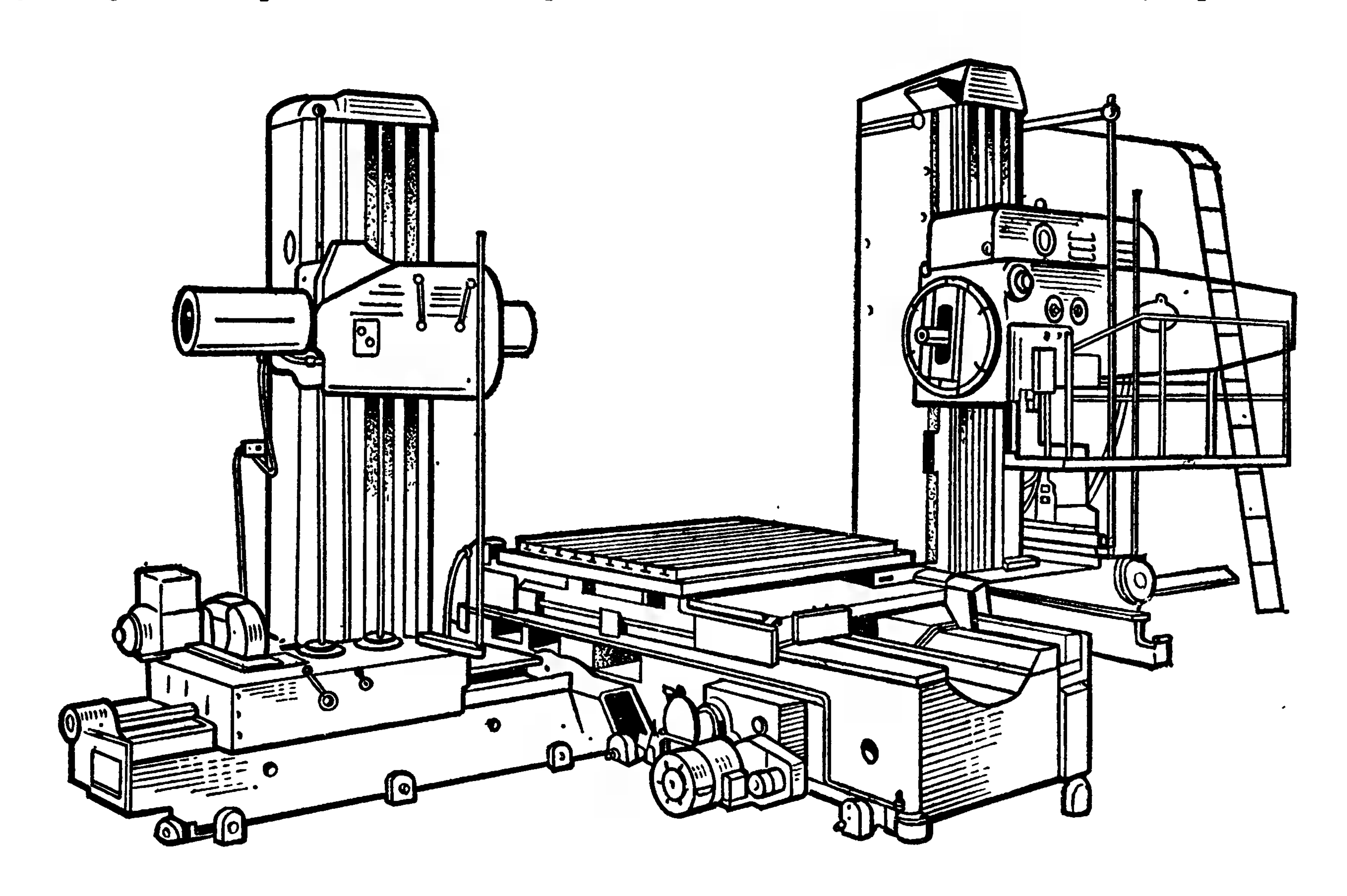


Рис. 15. Горизонтально-расточный станок модели 2654

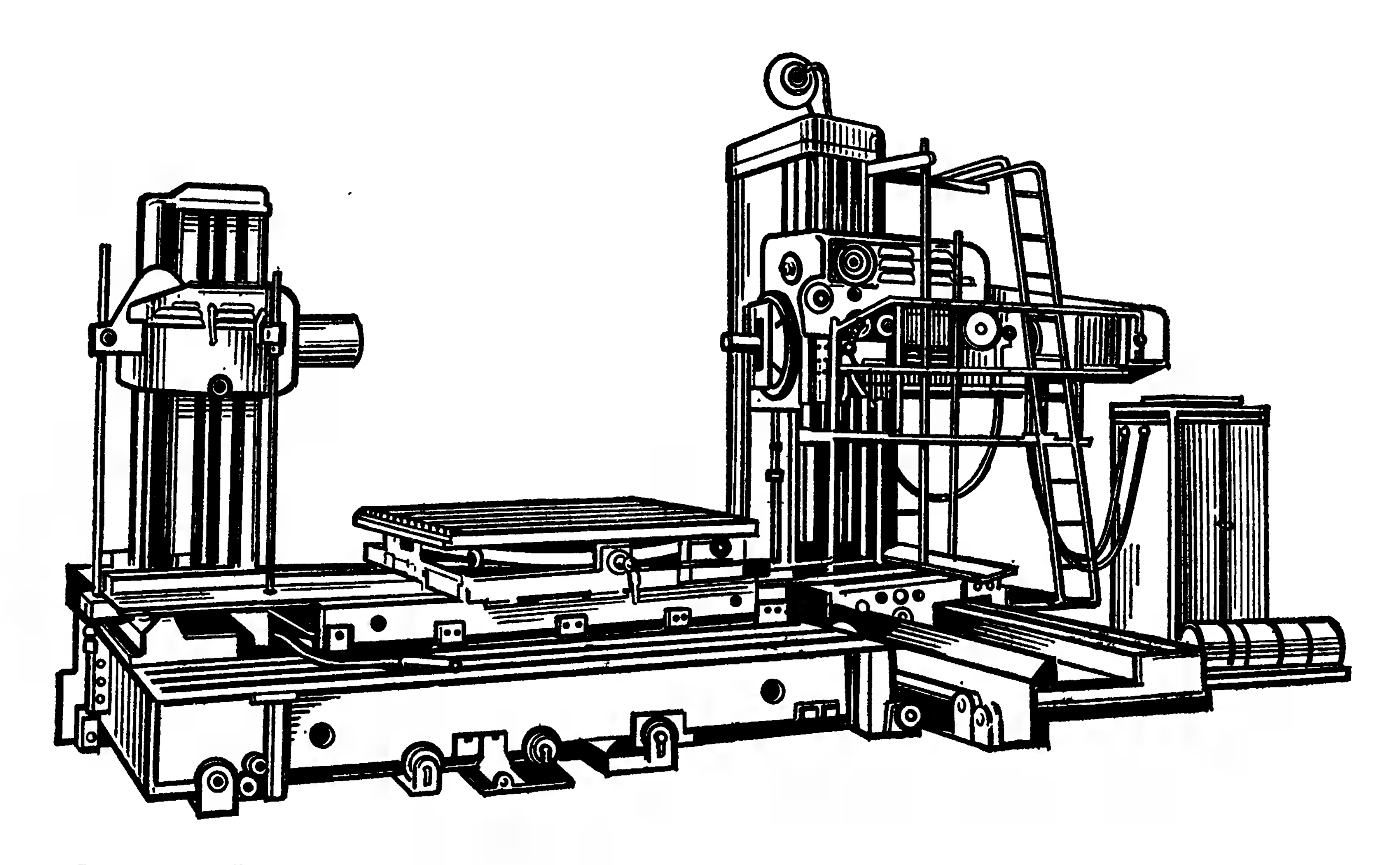


Рис. 16. Горизонтально-расточный станок с поперечно-подвижной передней стойкой и неподвижной плитой

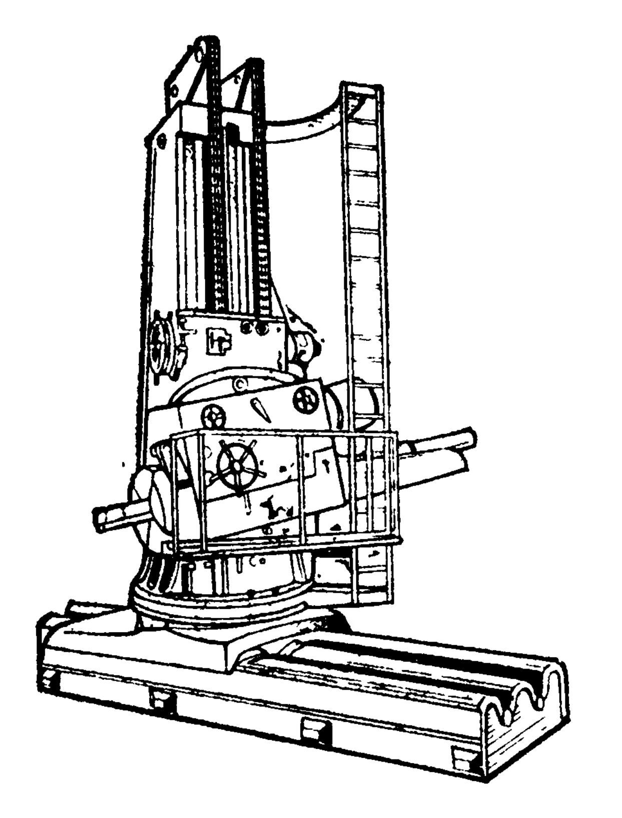


Рис. 17. Горизонтально-расточный станок-колонка с поворотной стойкой и шпиндельной бабкой

ваемая деталь крепится на плите неподвижно); *3* — с радиальным суппортом и продольным перемещением передней стойки (обрабатываемая деталь крепится на плите неподвижно. Представителем станков этого типа является станок, изображенный на рис. 16.

Кроме указанных типов горизонтально-расточных станков на заводах находят также применение горизонтально-расточные станки-колонки с поворотной стойкой и шпиндельной бабкой (рис. 17).

§ 2. Горизонтально-расточный станок 262Г. Станки, созданные на базе модели 262Г и взамен этой модели

Горизонтально-расточный станок модели 262Г относится к числу наиболее распространенных, имеет шпиндель диаметром 85 мм и на его базе выполнены конструкции ряда других универсальных и специальных расточных станков. Благодаря наличию радиального суппорта на станке возможна обработка отверстий и торцов больших диаметров.

На базе станка 262Г созданы станки моделей 262Д, 2630 и 2А613.

Станок модели 262Д не имеет радиального суппорта, снабжен усиленным шпинделем диаметром 110 мм и планшайбой для закрепления фрезерных головок большого диаметра.

Станок модели 2630 имеет диаметр шпинделя 125 мм, коробка скоростей обеспечивает 23 различных чисел оборотов шпинделя в минуту (от 6 до 1200), включение подачи производится фрикционной муфтой при помощи спаренных электромагнитов, управляемых с пульта. Масса обрабатываемых деталей до 4 т.

Станок модели 2А613 имеет самый малый диаметр расточного шпинделя — 63 мм и несколько увеличенное, по сравнению со станком 262Г, число оборотов шпинделя, снабжен цангой для зажима расточного шпинделя при фрезеровании и растачивании ходом стола и закрытый люнет задней стойки.

Станки моделей 2620 и 2622 имеют более совершенную конструкцию по сравнению с моделью 262Г. Станки имеют аналогичную кинематическую схему и конструктивное исполнение. Станки моделей 2620 и 2620А имеют радиальный суппорт на планшайбе и нормальный выдвижной шпиндель диаметром 90 мм. Станки моделей 2622 и 2622А выполнены с усиленным расточным выдвижным шпинделем диаметром 110 мм, без радиального суппорта, облада-

ют повышенной жесткостью и предназначены для работ, не требующих применения радиального суппорта.

Станки моделей 2620 и 2622 изготовляют с оптическими экранами (цена деления 0,01 мм) для работ с повышенной точностью координат или с механизмом точного электроостанова (цена деления нониуса 0,05 мм) для широкого круга работ в механических цехах.

§ 3. Горизонтально-расточный станок 2620

К числу основных преимуществ станка модели 2620 по сравнению со станком 262Г относятся:

более высокая жесткость станка за счет больших размеров ширины станины, периметра сечения передней стойки, поворотного стола, саней, ширины их направляющих и диаметра расточного шпинделя, применения более точных подшипников с предварительным натягом;

повышенная виброустойчивость станка благодаря улучшению опор шпинделя, более короткой хвостовой части шпиндельной бабки и применения отбалансированного главного электродвигателя;

более высокая точность обработки деталей на станке за счет уменьшения допусков на изготовление основных деталей станка, повышения износостойкости трущихся поверхностей, применения индикаторного упора для поворотного стола, механизма точного электроостанова шпиндельной бабки и поперечных саней или оптической измерительной системы;

увеличена частота вращения шпинделя (с 1000 до 2000 об/мин) и мощность главного электродвигателя до 10 кВт;

расширенный диапазон подач (от 2,2 до 1760 мм/мин) за счет регулирования скорости электродвигателя постоянного тока;

повышенный уровень механизации и более удобное управление станком.

Кинематическая схема станка 2620 изображена на рис. 18.

Уравнение кинематической цепи привода расточного шпинделя

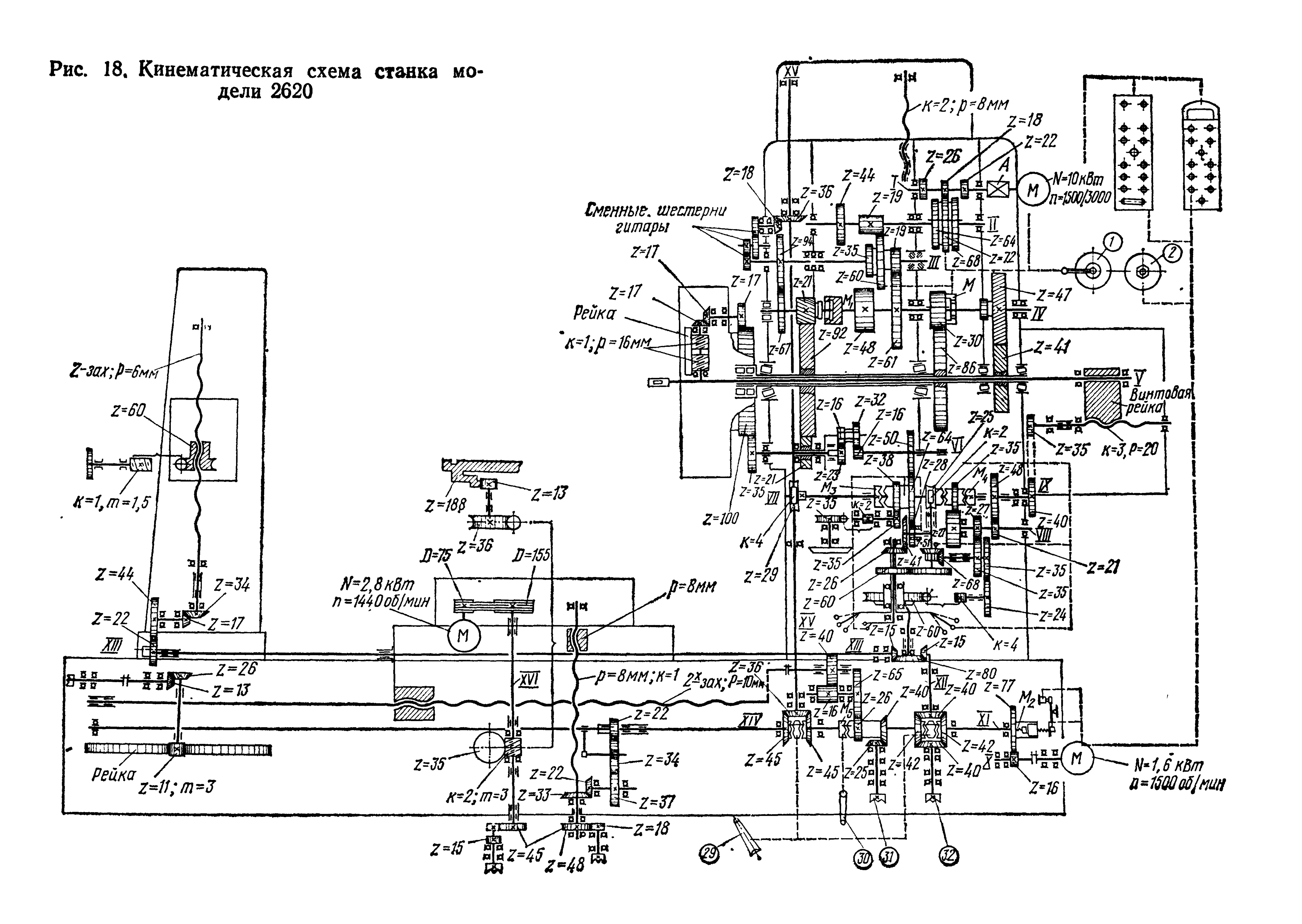
$$\frac{1500}{3000}\cdot\frac{22}{68}\cdot\frac{44\cdot 60}{35\cdot 48}\cdot\frac{30}{86} = n_{шп}\ \text{об/мин}$$

$$\frac{18}{72}\cdot\frac{19\cdot 60}{60\cdot 48}\cdot\frac{47}{41}$$

$$\frac{26}{64}\cdot\frac{19\cdot 19}{60\cdot 61}\cdot\frac{47}{41}$$

Кинематическая схема обеспечивает 36 вариантов передаточных отношений (2×3×3×2=36), но так как 13 из них повторяются, шпиндель получает 23 различных числа оборотов в минуту (от 12,5 до 2000).

Рис. 18. Кинематическая схема станка модели 2620



Уравнение кинематической цепи привода планшайбы

$$\frac{1500}{3000}\cdot\frac{22}{68}\cdot\begin{matrix}\frac{44\cdot 60}{35\cdot 48}\\ \frac{18}{72}\cdot\frac{19\cdot 60}{60\cdot 48}\\ \frac{26}{64}\cdot\frac{19\cdot 19}{60\cdot 61}\end{matrix}\cdot\frac{21}{92}=n_{пл}\ об/мин.$$

Планшайба имеет 15 различных чисел оборотов в минуту (от 8 до 200), так как три верхних варианта передаточных отношений не используются.

Уравнения кинематических цепей:

осевого перемещения шпинделя

$$1500\cdot\frac{16}{77}\cdot\frac{45}{36}\cdot\frac{4}{29}\cdot\frac{35}{37}\cdot\frac{21}{48}\cdot\frac{40}{35}\cdot 3\cdot 20=s_{шп.ос}\ мм/мин,$$

где $s_{шп.ос}=2{,}2-1760$ мм/мин за счет бесступенчатого регулирования (1 : 800) скорости электродвигателя постоянного тока, $N=1{,}6$ кВт, $n=1500$ об/мин перемещения радиального суппорта;

$$1500\cdot\frac{16}{77}\cdot\frac{45}{36}\cdot\frac{4}{29}\cdot\frac{64}{50}\cdot u_{диф}\cdot\frac{35}{100}\cdot\frac{100}{23}\cdot\frac{17}{17}\cdot 1\cdot 16=$$

$$=s_{рад.\ суп}\ мм/мин,$$

где $u_{диф}$ — передаточное отношение дифференциала при вращающемся водиле; $s_{рад.суп.}=0{,}88-700$ об/мин (бесступенчатое регулирование) продольного перемещения стола,

$$1500\cdot\frac{16}{77}\cdot\frac{26}{65}\cdot\frac{26}{40}\cdot 2\cdot 10=s_{прод.\ ст}\cdot\ мм/мин;$$

поперечного перемещения стола

$$1500\cdot\frac{16}{77}\cdot\frac{45}{36}\cdot\frac{36}{45}\cdot\frac{22}{34}\cdot\frac{34}{37}\cdot\frac{22}{33}\cdot 1\cdot 8=s_{попер.\ ст.}\ мм/мин;$$

вертикального перемещения шпиндельной бабки

$$s_{прод.\ ст}=s_{попер.ст}=1{,}4-1100\ мм/мин$$

(бесступенчатое регулирование),

$$1500\cdot\frac{16}{77}\cdot\frac{42}{40}\cdot\frac{15}{80}\cdot 2\cdot 8=s_{верт.\ бабки}\ мм/мин;$$

вертикального перемещения люнета задней стойки

$$1500\cdot\frac{16}{77}\cdot\frac{42}{40}\cdot\frac{15}{15}\cdot\frac{22}{44}\cdot\frac{17}{34}\cdot 2\cdot 6=s_{верт.\ люнета}\ мм/мин,$$

$$s_{верт.\ бабки}=s_{верт.\ люнета}=1{,}4-1100\ мм/мин$$

(бесступенчатое регулирование);

осевых подач шпинделя за 1 оборот шпинделя при нарезании резьбы

$$1 \cdot \frac{41}{47} \cdot \frac{67}{94} \cdot u_{гит} \cdot \frac{18}{36} \cdot \frac{4}{29} \cdot \frac{35}{37} \cdot \frac{21}{48} \cdot \frac{40}{35} \cdot 3 \cdot 20 = t \text{ мм},$$

где шаг нарезаемой резьбы в мм (от 1 до 10 мм или от 4 до 20 ниток на 1″) при нарезании резьбы:

$$u_{гит} = \frac{t}{1,22} \text{ — для метрических резьб,}$$

$$u_{гит} = \frac{25,4}{1,22\, n} \text{ — для дюймовых резьб,}$$

где n — число ниток на 1″ длины резьбы.

Передаточное отношение дифференциального механизма определяется по формулам

$$u_{диф} = \frac{z_1}{z_2}; \ \frac{z_3}{z_4} \cdot (-1)^m;$$

$$u_{диф} = \frac{n_4 - n_0}{n_1 - n_0},$$

где $z_1=16$ и $z_4=23$ — центральные зубчатые колеса дифференциального механизма; $z_2=32$ и $z_3=16$ — сателлиты дифференциального механизма; $m=2$ — число зацеплений дифференциального механизма; n_1 — частота вращения вала VI, получаемая от механизма распределения подач; n_0 — частота вращения корпуса дифференциального механизма водила, получаемая от шпинделя планшайбы через зубчатые колеса:

$$\frac{92}{21} : n_0 = n_{пл} \cdot \frac{92}{21};$$

n_4 — частота вращения вала, на котором закреплены зубчатые колеса $z_4=23$ и $z=35$, полученная в результате сложения при помощи дифференциального механизма двух движений — водила (n_0) и вала VI (n_1).

Передаточное отношение дифференциального механизма

$$u_{диф} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} \cdot (-1)^2 = \frac{8}{23}.$$

Частота вращения n_4 из формулы передаточного отношения дифференциальной передачи

$$u = \frac{n_4 - n_0}{n_1 - n_0}; \quad \frac{8}{23} = \frac{n_4 - n_0}{n_1 - n_0};$$

$$n_4 = \frac{15}{23} n_0 + \frac{8}{23} n_1.$$

2. Органы управления станка модели 2620

№ позиции на рис. 19	Наименование	Назначение
1	Рукоятка	Переключение частоты вращения шпинделя и планшайбы
2	Вариатор	Выбор величины подачи подвижных органов расточного шпинделя или планшайбы
3	Рукоятка	Включение и отключение планшайбы
4	Линейка с нониусом	Отсчет вертикального перемещения шпиндельной бабки
5	Кнопка	Пуск и остановка генератора постоянного тока
6	»	Установочный поворот шпинделя и планшайбы
7	»	Пуск и реверс электродвигателя привода главного движения
8	»	Включение быстрых установочных перемещений подвижных органов станка
9	»	Включение установочной подачи подвижных органов станка
10	Клавиш	Включение и реверсирование подач подвижных органов станка
11	Центральный пульт	Управление движениями станка
12	Лимб	Отсчет радиального перемещения суппорта планшайбы
13	»	Отсчет продольного перемещения расточного шпинделя
14	Кнопка	Включение быстрого установочного поворота стола
15	Дублирующий пульт	Управление движениями станка
16	Гайка	Зажим ползуна люнета задней стойки
17	Линейка с нониусом	Отсчет вертикального перемещения люнета задней стойки
18	Гайка	Зажим сменных втулок люнета
19	Маховик	Корректировка смещения положения люнета задней стойки при совмещении его с осью шпинделя
20	Рукоятка	Зажим саней задней стойки
21	Хвостовик	Перемещение задней стойки
22	Рукоятка	Зажим верхних саней стола
23	Хвостовик	Установочные повороты стола
24	»	Поперечное перемещение стола
25	Линейка с нониусом	Отсчет поперечного перемещения стола
26	Рукоятка	Зажим поворотного стола
27	»	Зажим нижних саней стола
28	Линейка с нониусом	Отсчет продольного перемещения стола
29	Рукоятка	Управление вертикальным перемещением шпиндельной бабки, люнета задней стойки, а также поперечным перемещением верхних саней стола
30	»	Установка продольного перемещения стола
31	Хвостовик	Продольное перемещение стола
32	»	Вертикальное перемещение шпиндельной бабки
33	Рукоятка	Управление механизмом распределения подач—включения и отключения механической или ручной подачи радиального суппорта планшайбы

№ позиции на рис. 19	Наименование	Назначение
34	Рукоятка	Включение и отключение механической или ручной осевой подачи расточного шпинделя
35	»	Зажим шпиндельной бабки на направляющих передней стойки
36	»	Зажим расточного шпинделя

Если механизм распределения подач выключен, тогда $n_1=0$ и

$$n_4 = \frac{15}{23} \cdot n_0 = \frac{15}{23} n_{пл} \cdot \frac{92}{21} = \frac{20}{7} n_{пл}.$$

Число оборотов зубчатого колеса $z=100$ в этом случае будет равно

$$n_{100} = n_4 \cdot \frac{35}{100} = \frac{20}{7} n_{пл} \cdot \frac{35}{100} = n_{пл},$$ т. е. колесо $z = 100$

и планшайба вращаются в одном направлении с одинаковой частотой вращения (синхронно). Поэтому зубчатое колесо $z=23$, находящееся одновременно в зацеплении с зубчатым колесом $z=100$, не будет вращаться вокруг своей оси, и суппорт планшайбы радиальной подачи не получит.

Если же $n_1 \neq 0$, тогда $n_4 = \frac{15}{23} n_0 + \frac{8}{23} n_1$. При этом частота вращения зубчатого колеса $z=100$ и планшайбы уже будут различными, и колесо $z=23$ начнет обкатываться по колесу $z=100$, вследствие чего суппорт планшайбы получит радиальную подачу, зависящую от знака и величины n_1.

Органы управления станка модели 2620 показаны на рис. 19 и их назначение указано в табл. 2.

Коробка скоростей станка модели 2620 показана на рис. 20. Вращение от электродвигателя передается посредством эластичной муфты *А* переменной жесткости на вал *I* и далее через трехвенцовый блок $z=64$; 72; 68 на вал *II*, второй трехвенцовый блок $z=35$, 60, 19 и вал *III* на вал *IV* и далее за счет переключения муфты *М* — на косозубые колеса 47/41 ($z=47$ — текстолитовая и зубчатые прямозубые колеса 30/86 — на шпиндель.

Планшайба вращается вместе со шпинделем или включена в зависимости от положения муфты M_1. Частота вращения планшайбы в 1,58 раза меньше частоты вращения шпинделя.

Шпиндельное устройство (рис. 21) состоит из расточного шпинделя *1*, полого шпинделя *2*, внутреннего кольца подшипника *3*, втулок *4*, планшайбы *5*, наружного кольца подшипника *6* и полого шпинделя *7*. Две призматические шпонки *8* соединяют расточный шпиндель с полым шпинделем.

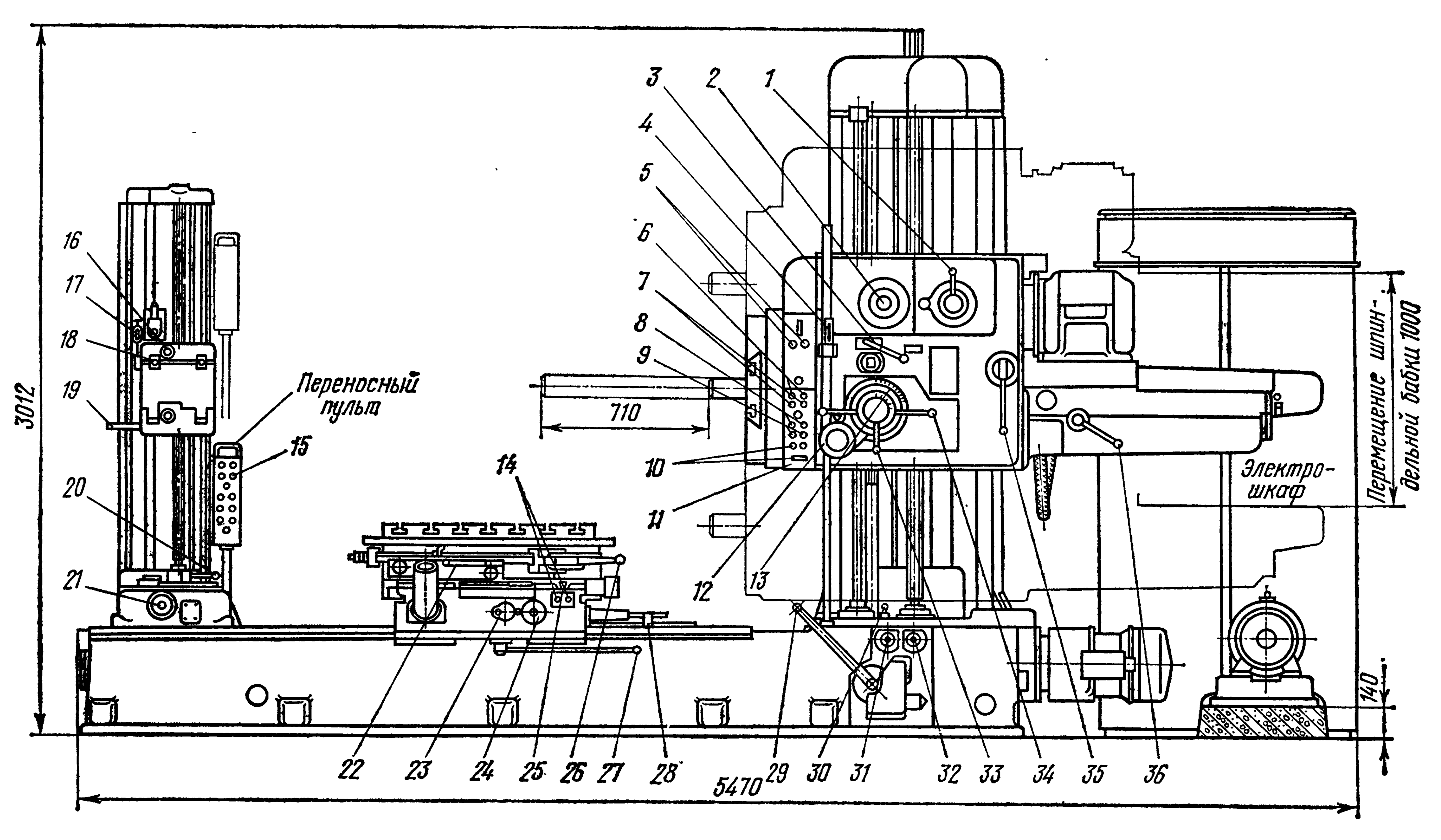


Рис. 19. Схема управления станка модели 2620

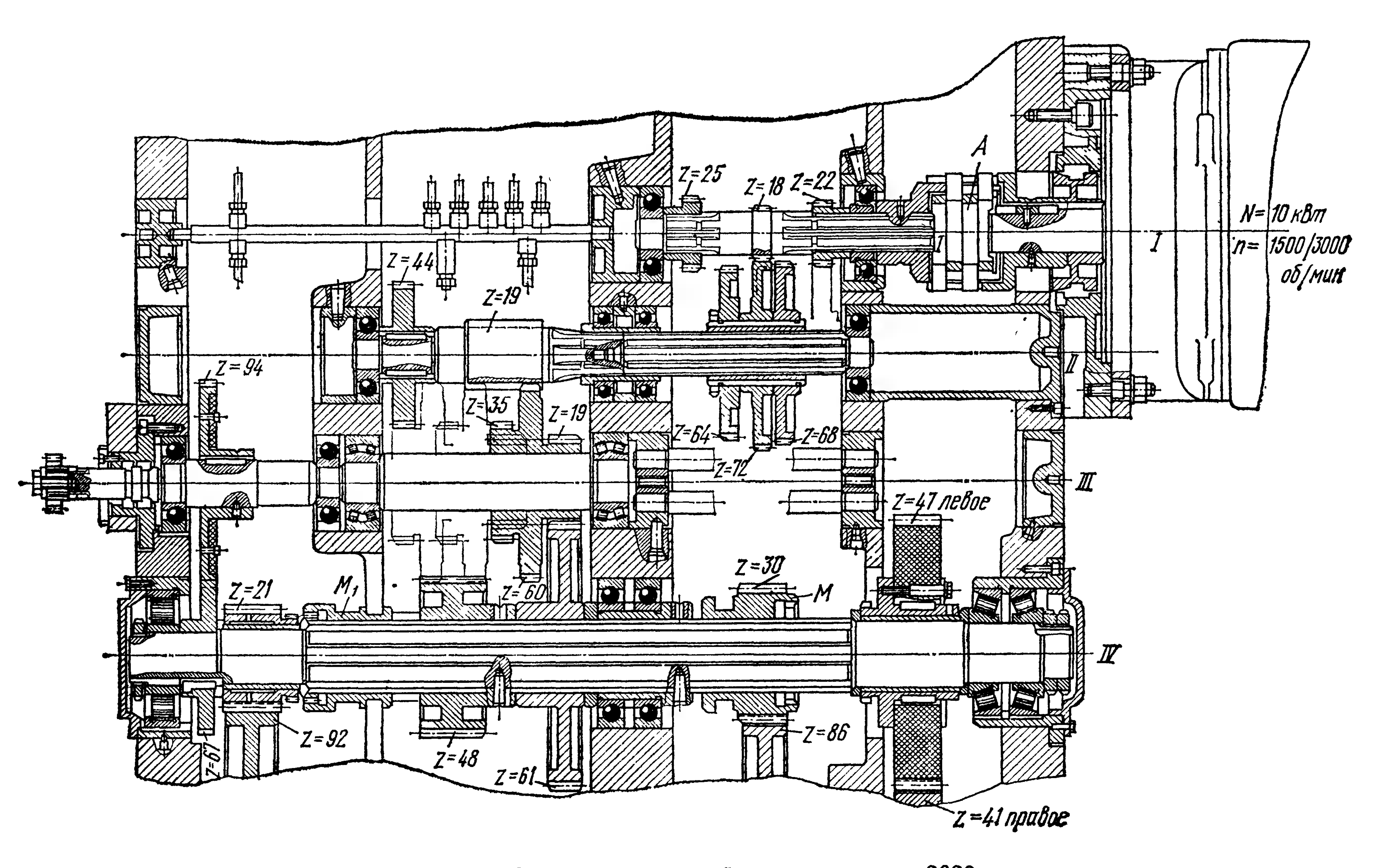


Рис. 20. Коробка скоростей станка модели 2620

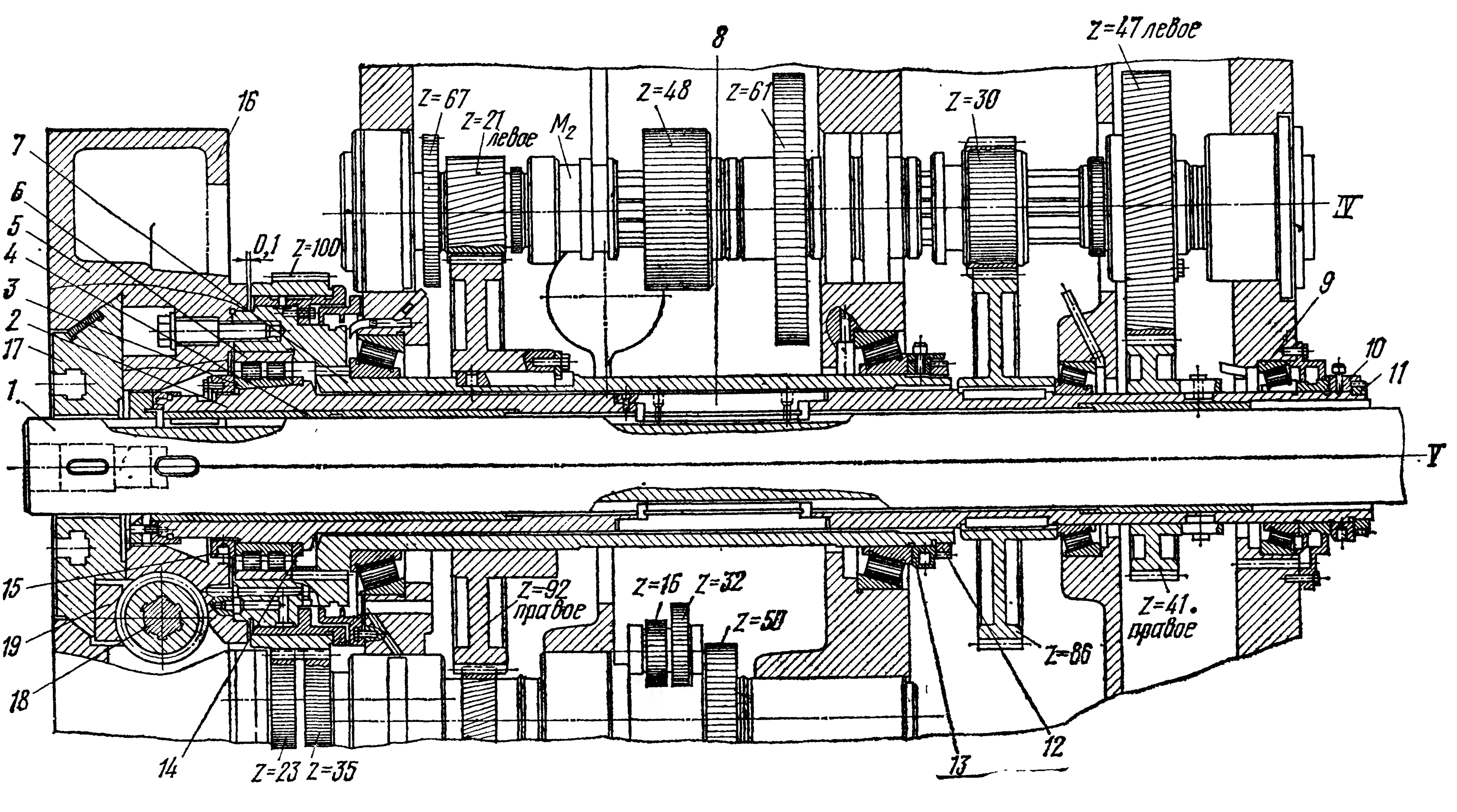


Рис. 21. Шпиндельное устройство и планшайба с радиальным суппортом станка модели 2620

Конические роликовые подшипники *9* регулируются гайкой *10* и контргайкой *11*. Контргайки *12* и гайки *13* служат для регулировки роликовых конических прецизионных подшипников полого шпинделя. Кольцо *14* и гайка *15* используются для регулировки двухрядного цилиндрического роликового подшипника, сидящего на конической шейке полого шпинделя.

Зубчатое колесо $z=92$ приводит во вращение шпиндель планшайбы. На полом шпинделе закреплены зубчатые колеса $z=86$ и $z=41$.

Планшайба с радиальным суппортом состоит из корпуса планшайбы *16*, который центрируется и жестко крепится на шпинделе *7* планшайбы шестью винтами, и радиального суппорта *17*, перемещающегося в направляющих корпуса планшайбы с зазором, регулируемым клиновой планкой, расположенной на одной из сторон «ласточкина хвоста».

Радиальный суппорт зажимают двумя плунжерными винтами. Привод радиального суппорта осуществляется от зубчатого цилиндрического колеса $z=23$ через конические колеса 17/17 и винтовую реечную передачу $K=1$, $p=16$ мм (см. рис. 18), состоящую из двух винтов *18* и рейки *19* (рис. 21). Зазор в винтовой передаче регулируется посредством сжатия двух половин винта *18*, сидящих на шлицевом валике с некоторым зазором по торцам винтов.

На суппорте планшайбы имеются два Т-образных паза для закрепления инструментов и нанесена стрелка-указатель положения суппорта относительно двух его крайних положений, отмеченных аналогичными стрелками на корпусе планшайбы.

Однорукояточный селективный механизм с импульсным устройством для переключения скоростей шпинделя имеет конструкцию, аналогичную механизму станка 262Г.

Механизм подач (рис. 22) обеспечивает включение и выключение механической осевой подачи расточного шпинделя, ее реверсирование и ручное перемещение расточного шпинделя.

Вал *VII* (см. рис. 18) получает вращение от электродвигателя подач $N=1{,}6$ кВт, $n=1500$ об/мин, вертикального вала *XV*, червячную передачу 4/29 и механизм распределения подач.

При установке рукоятки *34* (см рис. 19, 22) в положение *I* (от себя) круглая рейка *1* перемещается вниз (на рабочего) и поворачивает зубчатые колеса *10, 9*, зубчатый сектор *8*, рычаг *6* и перемещает вилку *5* вправо до сцепления колеса $z=35$ с муфтой *4*, скрепленной жестко с валом *VII*, в результате чего осуществляется механическая осевая подача шпинделя по кинематической цепи:

$$XV - VII - \frac{35}{37} - \frac{21}{48} - \frac{40}{35} - 3 \cdot 20 - s_{прод}.$$

При этом круглая рейка вращает одновременно зубчатое колесо *10* и сектор *11*, смещающий втулку *3* вниз (по схеме), выводя пружинную шпонку *7* из шпоночного паза конического зубчатого колеса $z=51$, расцепляя его с валиком *2*, что обеспечивает выклю-

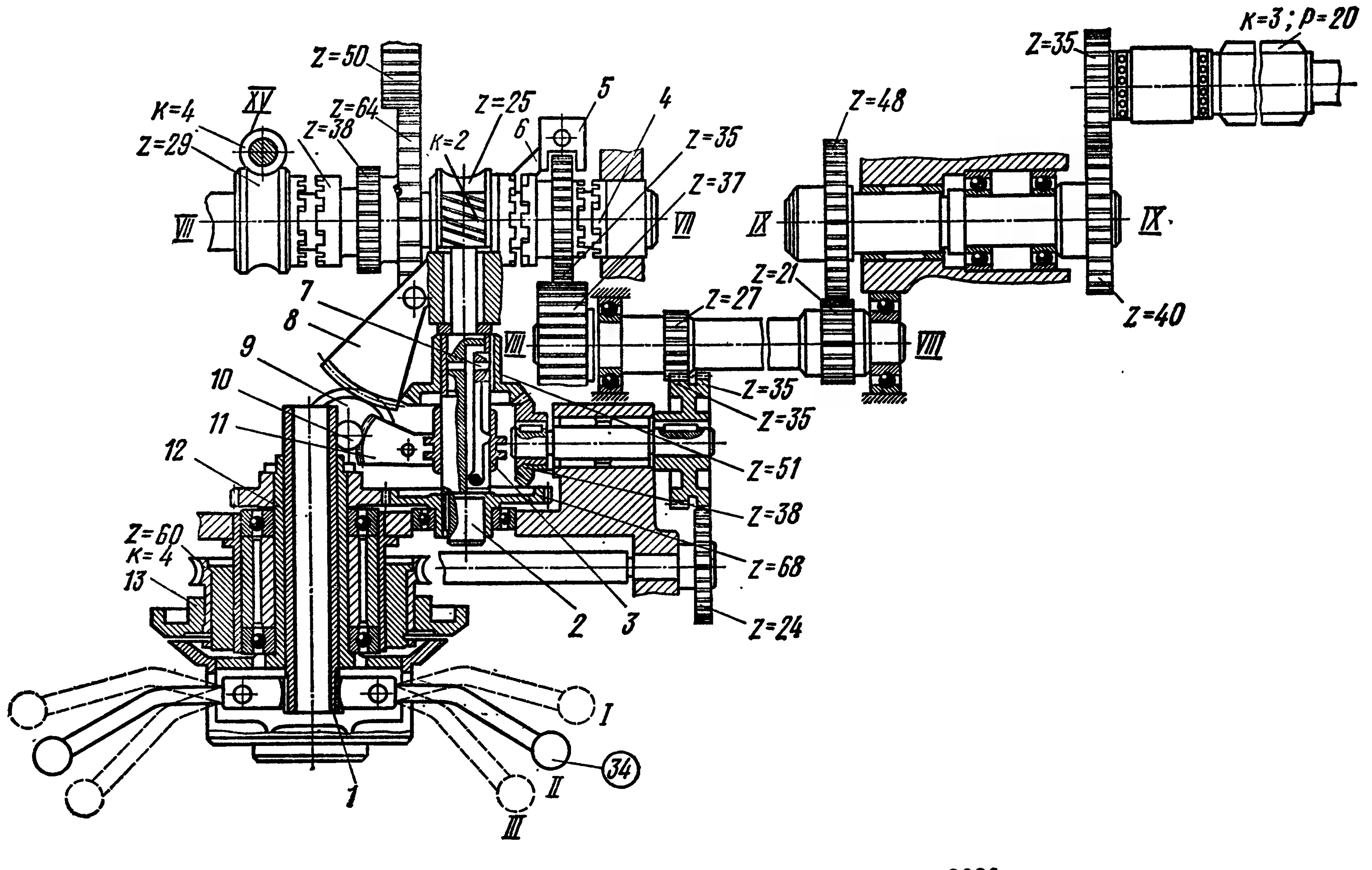


Рис. 22. Механизм подач станка модели 2620

чение опасного для рабочего вращения рукояток *34* по кинематической цепи: $\frac{27}{35}$ — $\frac{38}{51}$ — $\frac{68}{60}$ — гильза *12*.

При установке рукоятки *34* в положение *II* вилка *5* устанавливает зубчатое колесо $z=35$ в нейтральное положение, прерывает механическую подачу шпинделя и соединяет зубчатое колесо $z=51$ с валом *2*, в результате чего становится возможным быстрое ручное перемещение расточного шпинделя по кинематической цепи рукоятка *34* — гильза:

$$12 - \frac{60}{68} - \frac{51}{38} - \frac{35}{27} - \frac{21}{48} - \frac{40}{35} - 3 \cdot 20 - s_{\text{прод. руч. точн.}}$$

При установке рукоятки *34* в положение *III* вилка *5* сцепляет зубчатое колесо $z=35$ с червячным колесом $z=25$, прерывая механическую подачу шпинделя, и расцепляет валик *2* с зубчатым колесом $z=51$, благодаря чему шпиндель получает точное установочное ручное перемещение по кинематической цепи:

$$34 - \frac{60}{68} - \frac{2}{25} - \frac{35}{37} - \frac{21}{48} - \frac{40}{35} - 3 \cdot 20 - s_{\text{прод. ручн. точн}} .$$

Одновременно через зубчатые колеса $\frac{27 \cdot 35}{35 \cdot 24}$, червячную пару 4/60 приводится во вращение лимб *13*, по которому отсчитывается величина перемещения шпинделя.

Аналогично действует механизм распределения и ручного управления подачами суппорта планшайбы при установке рукоятки *33* (см. рис. 19) в *I* и *II* положения.

Вариатор подач (рис. 23) состоит из электровариатора *16*, валиков *1*, *11*, указателей *3*, *4*, дисков *2*, *5*, зубчатых колес *6*, *7*, *8*, шарика *9* с пружиной, рычага *10*, двухрядного ползункового переключателя *12*, шпонки *13* и полой оси *14*.

Частота вращения расточного шпинделя или планшайбы устанавливается поворотом рукоятки *15* механизма переключения скоростей, при этом одновременно вращаются: ползунковый переключатель *12* через зубчатые колеса *6*, *7*, *8*, рычаг *10* и валик *11*, диск *5*, соединенный с полой осью *14*, а последняя с зубчатым колесом *8* и диск *2* с указателями *3* и *4* через зубчатое колесо *8*, рычаг *10* и валик *1*.

Благодаря синхронному вращению дисков *5* и *2* ползункового переключателя *12* изменение частоты вращения в минуту главного электродвигателя сопровождается одновременным и пропорциональным изменением минутной подачи $s_м$ данного подвижного органа, при этом подача $s = \frac{s_м}{n}$ мм/об остается без изменения.

Величина подачи на один оборот устанавливается поворотом от руки электровариатора *16*, а следовательно, и валика *1*, рычага *10* (при этом шарик *9* будет прощелкивать по отверстиям неподвижного зубчатого колеса *8*), валика *11*, ползункового переключателя *12* и указателей *3* и *4*, которые будут вращаться по неподвиж-

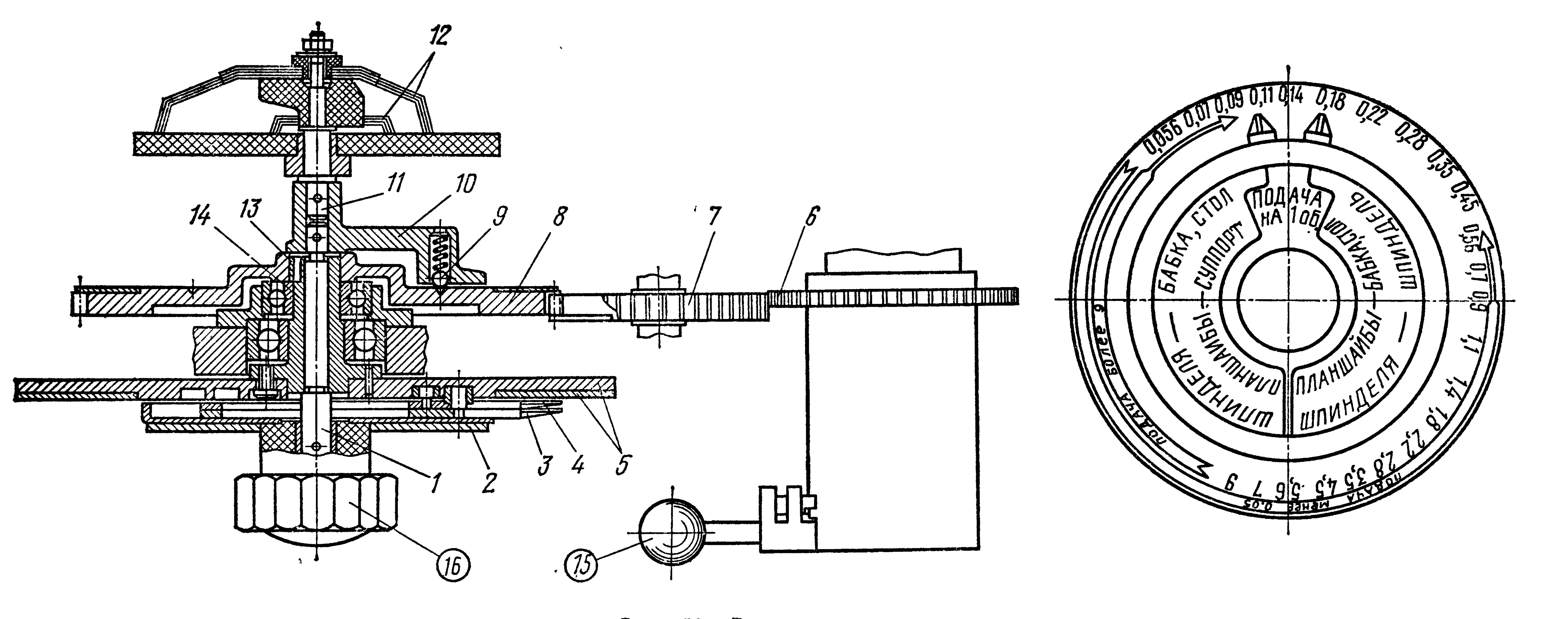


Рис. 23. Вариатор подач

ному диску *5* до требуемой величины подачи *s* мм/об, выбранной по таблице диска *5*.

В качестве примера на рис. 23 указатель *3* установлен по таблице диска *5* на величину подачи бабки и стола за один оборот шпинделя и подачи суппорта планшайбы за один оборот планшайбы, равной 0,11 мм/об (устанавливается по левой стороне таблицы); указатель *4* — на величину осевой подачи расточного шпинделя за один оборот планшайбы, равной 0,18 мм/об (устанавливается по правой стороне таблицы).

Поворотный стол (рис. 24) состоит из собственно поворотного стола *1*, верхних саней *8* и нижних саней *9*.

Поворотный стол *1* имеет прямоугольную форму с семью Т-образными пазами на верхней плоскости, из которых средний калиброван для выверки при повороте на 90, 180, 270 и 360°. Нижняя плоскость стола имеет круглую форму с двумя коническими поверхностями для зажима стола после поворота тремя специальными зажимами *10*.

Поворотный стол вращается на цапфе *5*, конических роликовых подшипниках *2* и упорных подшипниках *6*, регулируемых гайкой *3* и контргайкой *4*. Привод вращения стола осуществляется от отдельного электродвигателя $N=2{,}8$ кВт, $n=1440$ об/мин, установленного на нижних санях. Цапфа *5* крепится к верхним саням *8* винтами 7.

Верхние сани перемещаются в поперечном направлении по нижним саням, а последние в продольном направлении — по направляющим станины. Зажим саней в рабочем положении осуществляется механизмами зажима *11* и *12*. Механизмы продольного и поперечного перемещения саней и их зажима расположены внутри полости нижних саней.

Смазка направляющих и механизмов нижних саней производится вручную от двух плунжерных насосов маслом «Индустриальное 45». Перед началом работы на станке необходимо произвести до 10 качаний рукояткой насоса для наполнения смазочной системы маслом, а в процессе работы наблюдать за уровнем масла в маслоуказателях.

Механизм точного электроостанова стола и шпиндельной бабки (рис. 25) монтируется на корпусе шпиндельной бабки и верхних санях стола и срабатывает при нажиме регулируемых упоров *2* на рычажок механизма *1*. Упоры устанавливаются на двухпозиционных штангах *3* — вертикальной, прикрепленной к передней стойке, и горизонтальной, прикрепленной к нижним саням стола.

При перемещении шпиндельной бабки и вертикальном направлении или стола в поперечном направлении рычажок *1*, соприкасаясь с упором *2*, закрепленном на штанге *3*, останавливается сжимая пружину *7*, и при этом срабатывает микропереключатель *10*, скорость перемещения шпиндельной бабки или верхних саней уменьшается до 30 мм/мин, с которой подвижной орган продолжает двигаться еще 5—6 мм, после чего сжимается более

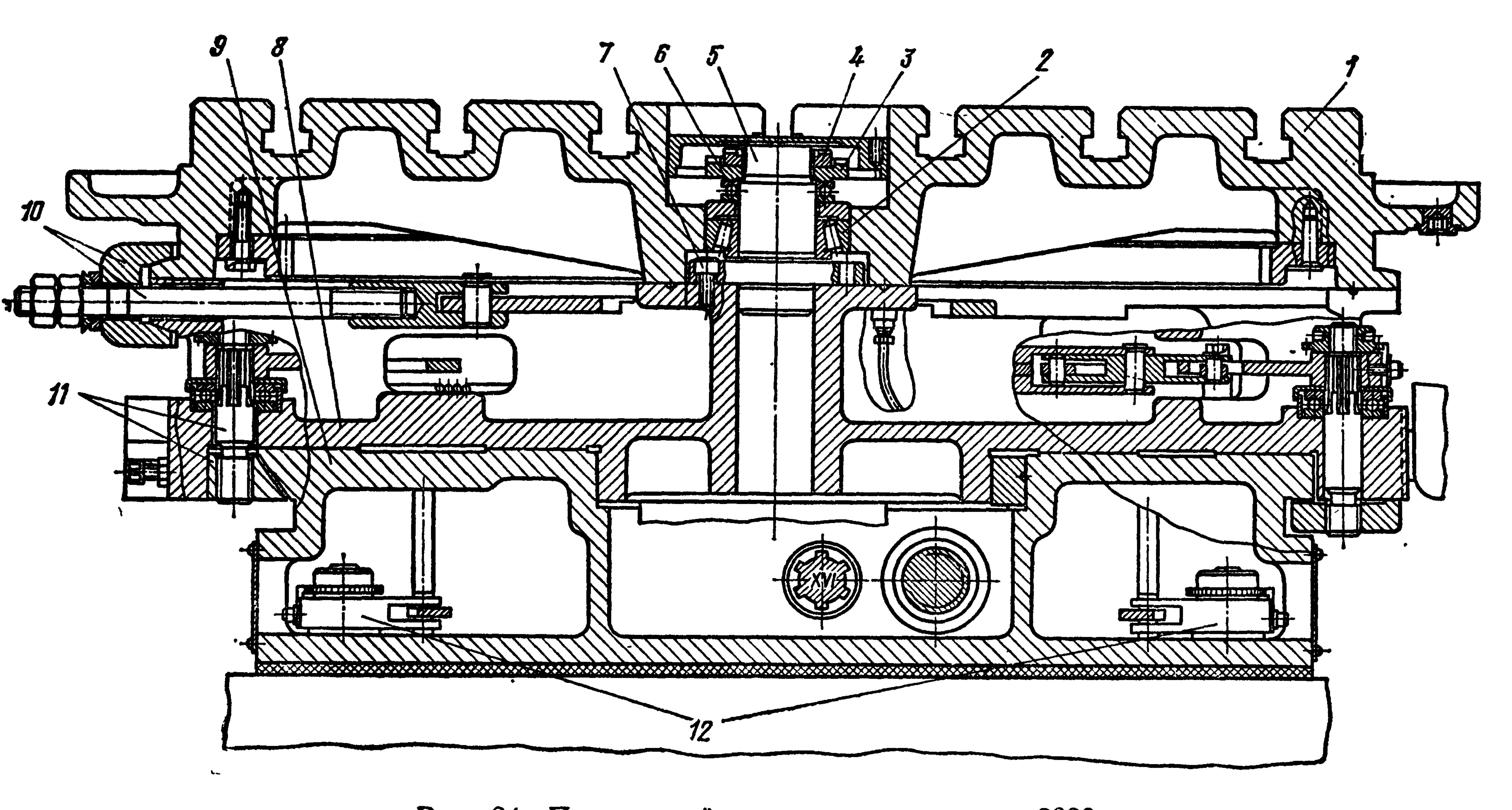


Рис. 24. Поворотный стол станка модели 2620

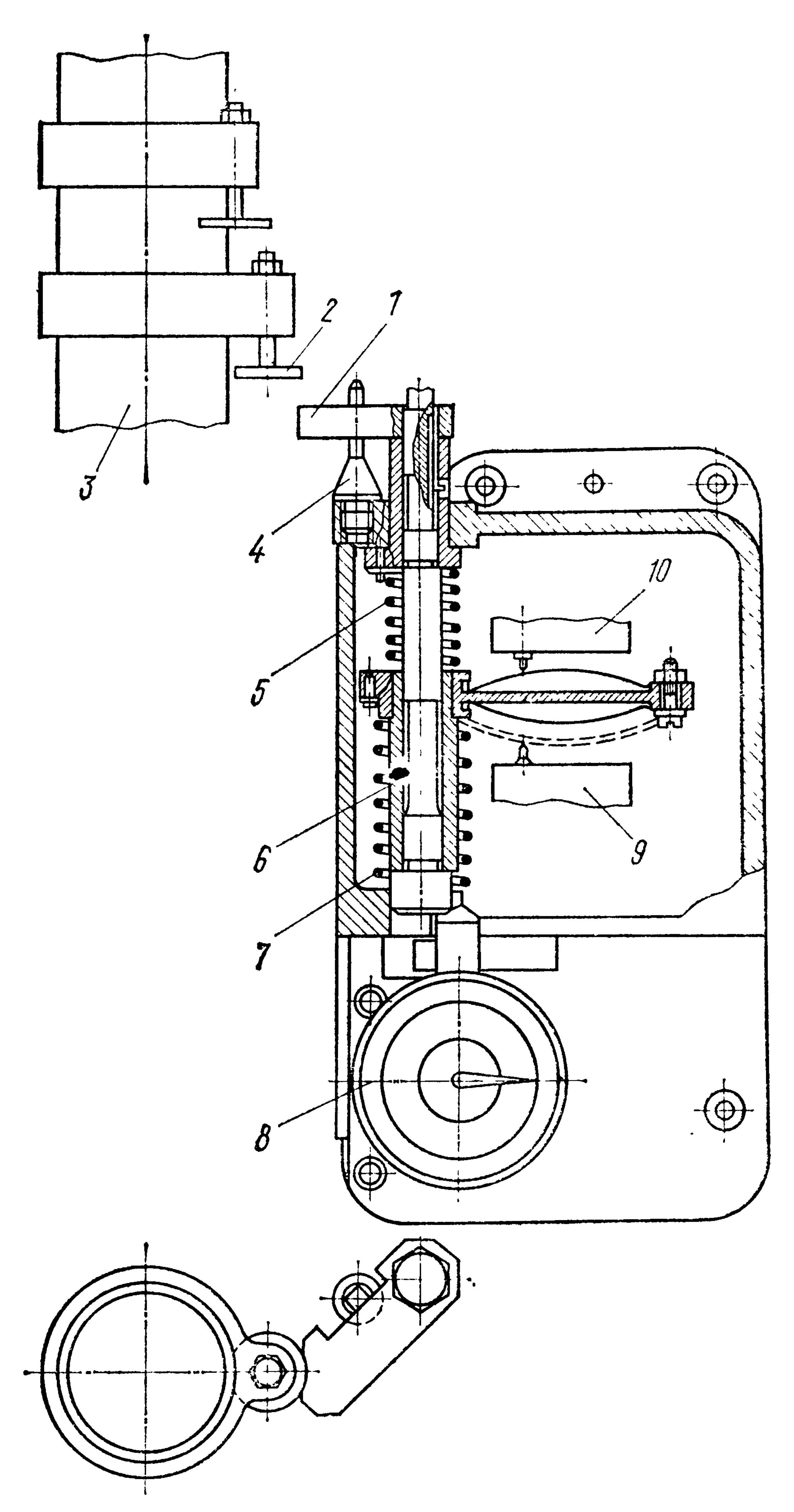


Рис. 25. Механизм точного электроостанова

сильная пружина *5* и срабатывает микропереключатель *9*, который выключает подачу.

При сквозном перемещении снизу вверх рычажка *1* относительно упора *2* рычажок *1* упирается в конус *4* и, поворачиваясь на оси *6*, отходит от упора *2*.

При сквозном перемещении сверху вниз рычажок *1* тоже поворачивается вокруг оси *6* благодаря имеющемуся в нижней части рычажка скосу.

Точность останова определяется по индикатору *8* часового типа и равна 0,03—0,04 мм.

Штанга *3* состоит из постоянной и съемной частей. Упоры закрепляются в пазах штанги и имеют микрометрические винты для точной установки по индикатору механизма.

Поворот штанги *3* в определенную позицию осуществляется специальной рукояткой. При установочных перемещениях поворотного стола и шпиндельной бабки штанга *3* с упорами *2* устанавливается в позицию, на которой упоры не задевают за рычажок *1* механизма точного установа.

Порядок настройки механизма точного останова зависит от размера деталей.

При единичном производстве порядок настройки следующий: закрепляются съемные штанги, совмещают ось шпинделя с осью первого обрабатываемого отверстия, устанавливают первую пару упоров при касании их торцов с рычажком механизма точного останова, закрепляют упоры, совмещают стрелку индикатора меха-

низма останова с нулем шкалы (вращая микрометрические винты упоров), на торцы упоров устанавливают или прижимают к торцам упоров набор измерительных плиток, перемещают бабку или верхние сани стола до совпадения стрелки индикатора с нулем шкалы; зажимают подвижные органы и обрабатывают следующее отверстие и т. д.

При мелкосерийном производстве на штанге *3* устанавливают последовательно все упоры по заданным координатам, а затем последовательно обрабатывают все отверстия с использованием настроенных упоров и механизмов точного останова.

При крупносерийном производстве упоры точно устанавливают на съемных частях штанг, ось шпинделя совмещают с осью первого обрабатываемого отверстия, съемные части штанг накладывают на постоянные так, чтобы торцы упоров, соответствующих данному отверстию, коснулись рычажка механизма точного останова, закрепляют съемные части штанги двумя или несколькими винтами в зависимости от их длины, пользуясь резьбовыми отверстиями и пазами в съемных частях штанги, и совмещают стрелку с нулем шкалы, вращая винт на торце штанги.

§ 4. Техническая характеристика отечественных горизонтально-расточных станков

Станок модели 2М614 имеет размеры рабочей поверхности стола 900×1000 мм, диаметр выдвижного шпинделя — 80 мм, конус отверстия шпинделя №5, наибольшее продольное перемещение стола — 1000 мм.

Станок имеет неподвижную переднюю стойку, крестовый поворотный стол, оборудован планшайбой с радиальным суппортом и применяется для обработки корпусных деталей с точными отверстиями, связанными между собой точными расстояниями.

На станке можно производить сверление, растачивание, зенкерование и развертывание отверстий, а также фрезерование плоскостей и пазов выдвижным расточным шпинделем и креплением фрез непосредственно на гильзе шпинделя. Шпиндель приводится во вращение от электродвигателя переменного тока через зубчатую коробку скоростей, снабженную однорукояточным селективным механизмом.

Станок модели 2М614Г имеет такую же характеристику, как станок 2М614, но без задней стойки и с укороченной станиной.

Станок модели 2Д620 предназначен для обработки корпусных деталей из черных и цветных металлов, имеет неподвижную переднюю стойку, поворотный стол с продольным и поперечным перемещением относительно оси шпинделя и планшайбу с радиальным суппортом. На станке можно производить сверление, зенкерование, растачивание и развертывание отверстий, связанных между собой точными координатами, обтачивание торцов, протачивание канавок и выступов радиальным суппортом при подаче стола, а также не-

прерывным фрезерованием с обходом по прямолинейному контуру при помощи переключателя на пульте управления. Станок характеризуется повышенной жесткостью и виброустойчивостью шпиндельной системы. Выдвижной расточный шпиндель с твердой азотированной поверхностью перемещается в стальных закаленных направляющих втулках большой длины, что повышает его жесткость, виброустойчивость и обеспечивает длительное сохранение точности. Шпиндель смонтирован на прецизионных подшипниках качения. Скорость шпинделя переключается однорукояточным селективным механизмом со специальным устройством, автоматически защищающим торцы зубьев от износа во время переключения.

Управление станком осуществляется с центрального пульта, жестко закрепленного на станине и вспомогательного переносного пульта управления. Центральный ручной привод используется для тонких установочных перемещений всех подвижных органов и быстрого осевого перемещения шпинделя. Привод подач широкого диапазона 1 : 800 от электродвигателя постоянного тока позволяет изменять подачу во всем диапазоне без переключения каких-либо муфт или зубчатых колес. Величина и направление подачи регулируются переключениями при помощи электромагнитных муфт.

При работе на тяжелых обдирочных режимах стол и бабка фиксируются однорукояточными зажимами. При чистовой обработке фиксация стола и бабки, а также точное их перемещение по направляющим осуществляется специальными упругими устройствами, исключающими необходимость применения зажимов. Координаты перемещений шпиндельной бабки, люнета, задней стойки и стола в поперечном направлении, а также при повороте стола на 90° отсчитываются при помощи навесных оптических устройств с ценой деления 0,01 мм и точностью установки координат $\pm 0,025$ мм на длине 100 мм и $\pm 0,07$ мм на длине 1000 мм. Применение оптических устройств значительно повышает точность установки подвижных органов, уменьшает утомляемость зрения рабочего и сокращает вспомогательное время.

Точность обработки деталей на станке: овальность отверстия диаметром 150 мм при растачивании резцом, закрепленным в шпинделе, 0,02 мм, конусность отверстия при тех же условиях — 0,02 мм на длине 200 мм, параллельность осей отверстий при подаче шпинделя 0,03 мм на длине 300 мм, шероховатость поверхности 6-го класса. Станина имеет специальный профиль с большой шириной направляющих, что уменьшает прогиб поперечных салазок стола и повышает точность поперечного перемещения стола. Антифрикционные накладки на направляющих поверхностях скольжения способствуют уменьшению их износа и повышению плавности перемещения подвижных органов.

За отдельную плату со станком потребителю поставляются: устройство для повторной установки по координатам, резьбонарезное приспособление и вращающаяся опора люнета.

Станок модели 2Д620Г выполняется без задней стойки, с укороченной станиной и предназначен для обработки деталей с точ-

ными отверстиями без использования двухопорных борштанг. Благодаря укороченной станине уменьшены габариты станка до 5400×3000×3000 мм и масса до 11 100 кг. Станок модели 2Д620Г предназначен для обработки крупногабаритных деталей массой до 4000 кг. Размеры рабочей поверхности стола 1260×1400 мм. Наибольшее перемещение стола в продольном и поперечном направлениях 1250 мм.

Станок модели 2Д622 имеет усиленный выдвижной шпиндель диаметром 110 мм и конус отверстия шпинделя — Морзе №6. Частота вращения выдвижного шпинделя в минуту 12,5—1250. Масса станка 12 700 кг. Остальные элементы характеристики станка 2Д622 одинаковы со станком 2Д620.

Станок модели 2Д622Г выполняется без задней стойки с укороченной станиной, благодаря этому уменьшаются габариты и масса станка.

Станки моделей 2К636, 2К637 имеют размеры рабочей поверхности стола 1600×1800 мм. Диаметр шпинделя 125 и 160 мм. Станок модели 2К636 имеет планшайбу, станок модели 2К637 — не имеет, но шпиндель усилен. Станки моделей 2636Г и 2637Г не имеют задней стойки. Эти модели имеют неподвижную переднюю стойку и поворотный стол, перемещающийся в продольном и поперечном направлениях, и усиленный шпиндель.

Станок модели 2Е656Р выполняется с поперечно-подвижной передней стойкой и неподвижной плитой. Он имеет съемный поворотный стол, радиальный суппорт на планшайбе и переносную заднюю стойку с люнетом. Размер рабочей поверхности плиты 4230×4660 мм, диаметр выдвижного шпинделя 180 мм, диаметр планшайбы 900 мм. Наибольшее продольное перемещение стола 1000 мм, шпинделя 1250 мм, перемещение люнета задней стойки 1850 мм, радиального суппорта 200 мм.

Станок модели 2Е656 в отличие от станка 2Е656Р не имеет стола и радиального суппорта, задняя стойка поставляется по особому заказу. Диаметр выдвижного шпинделя 160 мм.

Станок модели 2Б660 имеет поперечно- и продольно-подвижную переднюю стойку и неподвижную плиту. Диаметр выдвижного шпинделя 220 мм, диаметр планшайбы 1150 мм. Наибольший диаметр обработки 1800 мм. Размеры рабочей поверхности плиты 5000×8100 мм. Наибольшие перемещения: передней стойки поперечное 6000 мм, продольное врезание 600 мм, выдвижного шпинделя продольное 1800 мм, шпиндельной бабки вертикальное 3000 мм, радиального суппорта 500 мм.

Станок модели 2А680 имеет диаметр шпинделя 320 мм, диаметр планшайбы 1500 мм. Наибольший диаметр обработки 2800 мм.

§ 5. Проверка горизонтально-расточных станков на точность

Точность обработки деталей на расточном станке и точность геометрических форм обрабатываемых поверхностей определяются геометрической точностью изготовления расточных станков и ин-

струмента, жесткостью технологической системы. В процессе эксплуатации станка точность, с которой он был изготовлен, постепенно уменьшается. Поэтому необходима периодическая проверка точности станка, а также проведение планово-предупредительного ремонта.

Проверка выполняется с помощью измерительных инструментов: угольников, набора концевых мер, контрольной линейки, рамного уровня, индикаторов и других инструментов, проверенных и паспортизованных измерительной лабораторией. Полная проверка станка на точность охватывает все его элементы в соответствии с типом компоновки станка.

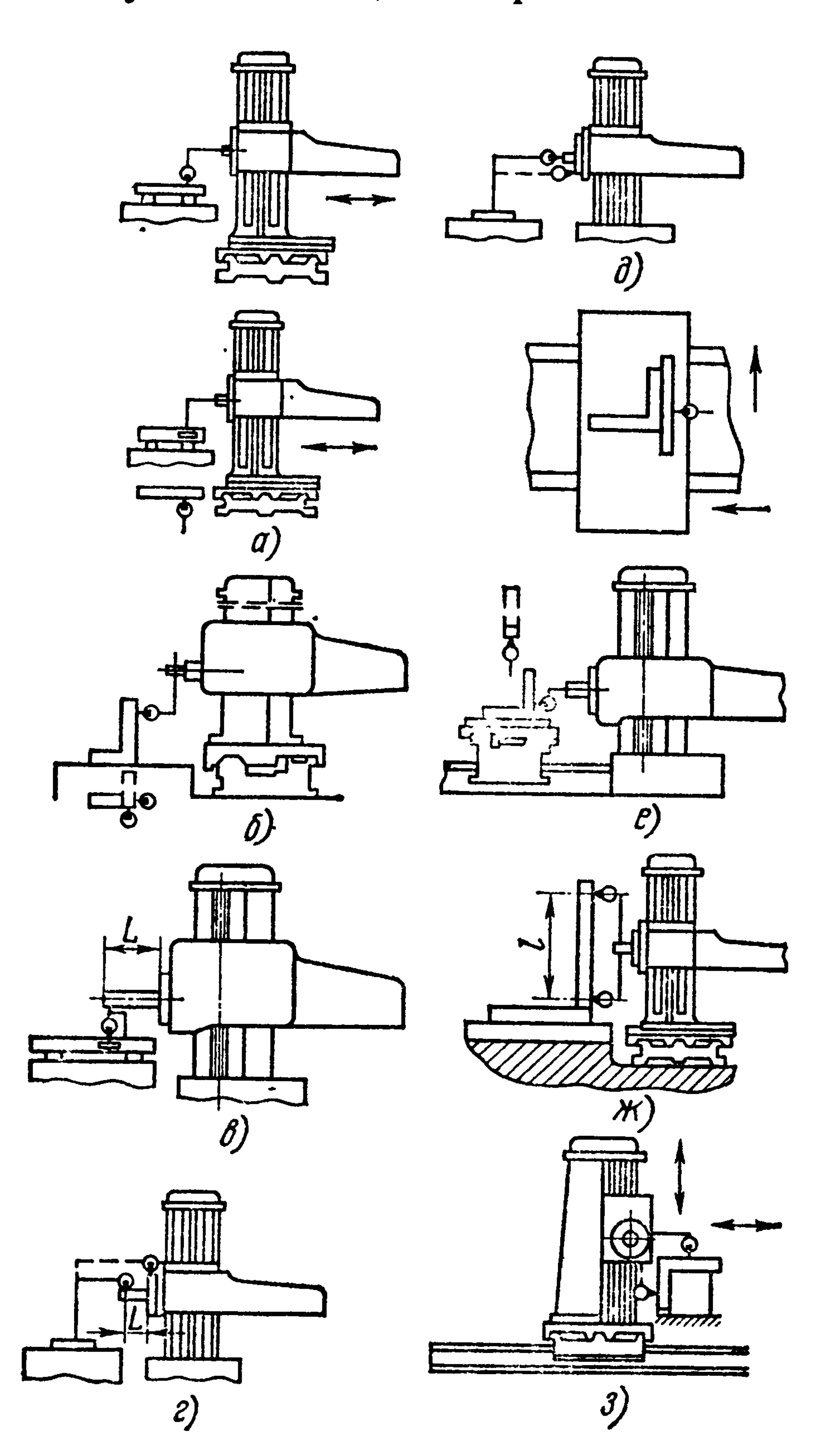


Рис. 26. Схема проверки точности горизонтально-расточных станков

Прямолинейность перемещения стола и передней стойки по станине и салазкам в продольном и поперечном направлениях, а также параллельность рабочей поверхности стола направляющим каретки или станины измеряются индикатором, помещенным в оправке шпинделя так, чтобы мерительный штифт его касался проверочной грани линейки, установленной на верхней плоскости стола, станине или какой-либо неподвижной части станка. Стол или передняя стойка перемещаются на всю длину хода с отсчетом не менее чем в восьми положениях (рис. 26, *а*). Отклонения от прямолинейности в зависимости от диаметра шпинделя и рабочего органа допускаются в пределах от 0,02 до 0,05 мм на 1 м длины хода.

Прямолинейность перемещения шпиндельной бабки в вертикальной плоскости перпендикулярно к оси шпинделя проверяется с применением оправки с индикатором и угольника (рис. 26, *б*).

Прямолинейность перемещения расточного шпинделя в вертикальной и горизонтальной плоскостях контролируется при помощи линейки и оправки с индикатором (рис. 26, *в*).

Радиальное биение расточного шпинделя и планшайбы по контрольному пояску и оправке, вставленной в коническое отверстие шпинделя, проверяются индикатором, установленным на плоскость

стола (рис. 26, *г*). В последнем случае замеры производятся при положении индикатора у торца планшайбы и на длине 300 мм от него при вращении шпинделя, а также при одновременном вращении шпинделя и планшайбы.

Контроль осевого биения расточного шпинделя и торцового биения планшайбы по контрольному пояску изображен на рис. 26, *д*.

Перпендикулярность перемещений стола и передней стойки по салазкам и салазок по станине, а также перпендикулярность направления перемещения шпиндельной бабки к рабочей поверхности стола (рис. 26, *е*) контролируют с помощью угольника, установленного на столе или стендовой плите. Погрешность замеряется на длине хода 500 мм.

Перпендикулярность оси вращения шпинделя к направлению перемещения шпиндельной бабки по вертикальным направляющим передней стойки и к поперечному перемещению стола проверяется индикатором, установленным в оправке шпинделя. При повороте шпинделя на 180° измерительный наконечник индикатора касается вертикальной стороны угольника, помещенного на столе, плите или линейке, расположенной в поперечном направлении (рис. 26, *ж*).

Перпендикулярность перемещения шпиндельной бабки по направляющим передней стойки к поперечному перемещению стойки измеряется с помощью угольника и индикатора (рис. 26, *з*).

Проверка работы на образцах устанавливает правильность геометрических форм расточенного отверстия, плоскостность торцовых поверхностей, перпендикулярность оси отверстия к торцу, параллельность осей отверстий и перпендикулярность обработанных концевой фрезой пазов. Конструкция и размеры образца стандартизованы.

§ 6. Координатно-расточные станки

Координатно-расточные станки предназначены для обработки отверстий с точными координатами. Станки этого типа имеют два исполнения: одностоечное (рис. 27, *а*) и двустоечное (рис. 27, *б*). Основными частями одностоечного координатно-расточного станка являются станина *1*, стойка *2*, расточная головка *3*, стол с салазками *4*. Двустоечный координатно-расточный станок модели 2470 имеет следующие основные части: станину *1*, стойки *2*, расточные головки, *3*, траверсу *4*, рабочий стол *5*.

Обрабатываемую деталь закрепляют на плоскости стола, режущий инструмент — в шпинделе расточных головок. В зависимости от высоты обрабатываемой детали траверсу и расточную головку устанавливают на определенную высоту и закрепляют. Установка шпинделя на заданные координаты осуществляется путем перемещения стола в двух взаимно перпендикулярных направлениях (при работе на одностоечном станке) или путем перемещения стола в продольном направлении по направляющим станины и расточной головки в поперечном направлении по траверсе (в случае работы на двустоечном станке портального типа).

Станок модели 2470 допускает расточку отверстий с горизонтальной осью инструментом, закрепленным в боковой головке.

Особенностями конструкции, монтажа и обслуживания координатно-расточных станков являются: наличие коррегирующих устройств, компенсирующих погрешность шага ходового винта;

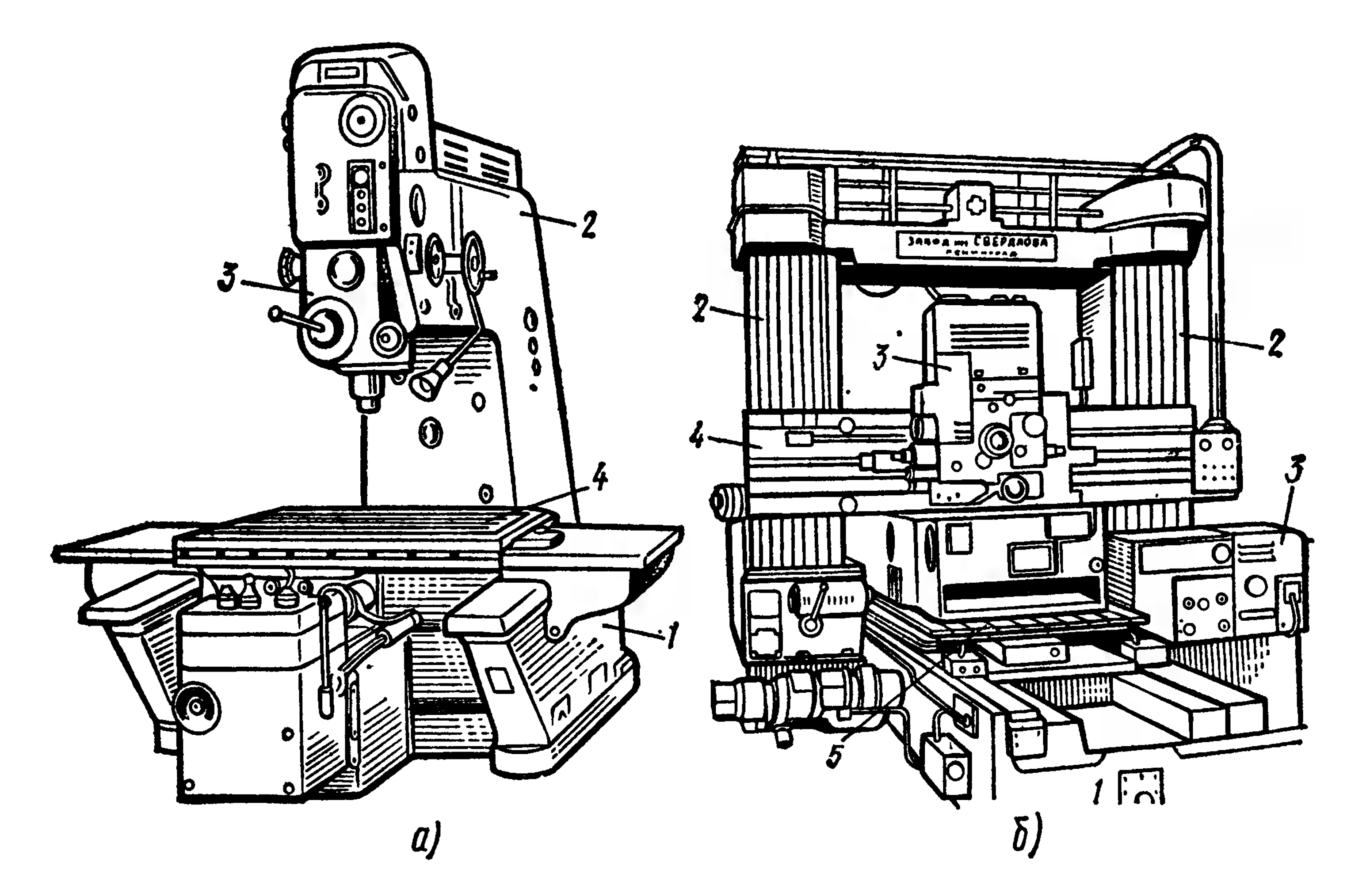


Рис. 27. Координатно-расточные станки:
а — одностоечный, *б* — двухстоечный

применение оптических устройств для отсчета координат; использование роликовых направляющих, воспринимающих массу салазок, стола, изделия и силу резания; высокие нормы точности и шероховатость обработки деталей и сборки узлов; хорошая виброустойчивость и массивный фундамент; постоянная температура в помещении в пределах 20±1,5° С; высокая квалификация рабочих, обслуживающих станки; минимальные и регламентированные припуски на обработку отверстий.

Гарантированная точность установки координатного размера составляет обычно 0,004 мм, угловых координат — 1″. Точность отсчета координат посредством современных оптических экранов достигает 0,001 мм.

На современных координатно-расточных станках (например, моделей 2Е440, 2450А, 2455, 2459) применяются оптические и оптико-электрические отсчетно-измерительные системы с плоскими стеклянными штриховыми мерами. Стеклянные штриховые меры имеют температурный коэффициент линейного расширения, одинаковый с чугуном, они не требуют интенсивного источника света и допускают большие увеличения изображения оцифрованных штрихов. На матовом экране станка видны проекции штриха меры и растровой сетки, позволяющие непосредственно отсчитывать все десятичные знаки координатного размера.

Станки модели 2421 и 2431 одностоечные с крестовым столом размерами 250×450 и 320×560 мм, индуктивной измерительной системы с винтовыми проходными датчиками, устройством для предварительного набора координат и автоматической остановкой стола и салазок в заданном положении. На станке имеется коррекционный диск, кинематически связанный с перемещением стола, и рычажная передача, смещающая нониусную шкалу.

Точность расстояния между осями расточенных отверстий 0,006 мм, точность диаметра расточенных отверстий 0,004 мм.

Станок модели 2Е440А — одностоечный с размерами стола 400×710 мм, с оптической измерительной системой с экранным отсчетом и плоскими стеклянными штриховыми мерами.

Станок снабжен горизонтальными и универсальными поворотными столами, которые дают возможность обрабатывать отверстия в полярной системе координат с поворотом стола на определенный угол и перемещением на величину радиуса от центра стола, а также обрабатывать наклонные отверстия. К станку прилагается ряд наиболее употребительных принадлежностей: центроискатели, резцедержавки и т. п. По особому заказу станок снабжается устройствами для охлаждения инструмента, режущим инструментом и расточными борштангами.

Станок модели 2Д450 — одностоечный с размерами стола 630×1120 мм, оснащенный оптической измерительной системой с экранным отсчетом, устройством для предварительного набора координат, автоматическим остановом стола и салазок в заданных положениях с помощью фотоэлектрического нуль-индикатора. Эталонами длины являются плоские стеклянные штриховые меры.

Привод вращения шпинделя осуществляется от регулируемого электродвигателя постоянного тока через трехступенчатую коробку скоростей. В пределах каждой ступени обороты шпинделя регулируются бесступенчато с частотой вращения 50 — 2000 об/мин. Подача шпинделя также регулируется бесступенчато при помощи фрикционного вариатора. Имеется механизм автоматического отключения подачи шпинделя на заданной глубине. Предусмотрены механические зажимы стола и ручной зажим шпиндельной бабки.

Точность установки координат 0,004 мм, точность диаметра расточенного отверстия (отсутствие овальности) допускается не более 0,005 мм.

Станок модели 2Е460А — двустоечный, особо высокой точности, с размерами стола 1000×1600 мм. Установка по координатам стола и шпиндельных головок производится посредством оптических устройств с экранным отсчетом.

Благодаря большой жесткости характеристик, коротких кинематических связей и электропривода постоянного тока, работающего в системе привода подач с широким диапазоном изменения скорости, обеспечивается плавность перемещений подвижных узлов станка при любой скорости. Управление движения станком — электрическое с подвижного пульта.

Особенностями конструкции станка являются: наличие электри-

ческого привода подач и установочных перемещений широкого диапазона 1 : 1800, электрического управления станком, возможность изменения подачи в процессе резания и скорости установочных перемещений в процессе установки, наличие оптических экранных устройств для отсчета перемещений стола и шпиндельных головок и гильз шпинделя с точностью 0,001 мм, оптического совмещения оси люнета с осью горизонтального шпинделя, двухканального электрического управления, обеспечивающего одновременную установку по координатам двух рабочих органов, разгружающих устройств, направляющих скольжения, автоматического зажима стола, поперечины и шпиндельных головок, стабилизация температуры механизма шпиндельных головок, частота вращения шпинделя 40 — 2000 об/мин.

Наибольшее продольное перемещение стола 1400 мм, горизонтальное перемещение вертикальной шпиндельной головки 1000 мм, вертикальное перемещение горизонтальной шпиндельной головки 630 мм, наибольший диаметр растачивания 250 мм.

Взамен станка модели 2Д450 выпускают модель 2450А с частотой вращения шпинделя 32 — 2000 об/мин и оптической отсчетно-измерительной системой.

Станок модели 2Е470А — двустоечный с размерами стола 1400×2240 мм; имеет оптико-механическую измерительную систему с экранным отсчетом координат с использованием плоских металлических штриховых мер. Имеется раздельный электропривод подач и широкий диапазон регулирования скоростей. Частота вращения 20—2000 об/мин, мощность двигателя 3,9 кВт, масса станка 36 т.

Горизонтальный координатно-расточный станок модели 2459 имеет продольно-подвижную стойку, боковое расположение шпиндельной бабки и поперечно-подвижной стол с рабочей поверхностью 1000×1250 мм, диаметр шпинделя 100 мм, частоту вращения шпинделя 12,5 — 1600 об/мин, мощность главного двигателя 6,3 кВт, массу 16 т и оптическую отсчетно-измерительную систему.

§ 7. Алмазно-расточные и агрегатно-расточные станки

Алмазно-расточные станки подразделяются на вертикальные, горизонтальные, одношпиндельные, многошпиндельные, односторонние и двусторонние. В качестве инструмента на этих станках применяют алмазные и твердосплавные резцы. Режим тонкого растачивания: скорость резания до 1000 м/мин, подача 0,01 — 0,1 мм/об и глубина резания 0,05 —0,55 мм. Высокая точность обработки отверстий, наклонение по диаметру 0,003 — 0,005 мм и шероховатость поверхности 8 — 9-го классов на алмазно-расточных станках обеспечиваются благодаря применению малых подач и высоких скоростей резания. На алмазно-расточных станках кроме чистовой обработки отверстий выполняется наружное обтачивание,

растачивание и обтачивание конусов, подрезание торцов и растачивание канавок. Основными потребителями алмазно-расточных станков являются заводы крупносерийного и массового производства автомобилей, тракторной и авиационной промышленности.

К числу деталей, для обработки которых применяются алмазно-расточные станки, относятся шатуны, втулки, вкладыши, гильзы, головки блока и блоки цилиндров.

На рис. 28, *а* показан вертикальный алмазно-расточный одношпиндельный станок повышенной точности модели 2А78Н, предназначенный для тонкого растачивания отверстий в блоках цилиндров и гильзах тракторных, автомобильных и мотоциклетных двигателей, а также для сверления отверстий в других деталях, габариты которых допускают их установку на столе станка.

Обрабатываемые изделия центрируют и закрепляют на неподвижном столе. В зависимости от диаметра растачиваемого отверстия в шпиндельной бабке устанавливают определенный шпиндель из имеющегося комплекта. Универсальный шпиндель применяется для выполнения операций сверления, зенкерования и развертывания отверстий и поставляется за отдельную плату.

Комплект принадлежностей, приспособлений и инструментов, поставляемый со станком, позволяет растачивать блоки цилиндров и гильзы двигателей, предусмотренные по техническому заданию на изготовление станка.

На рис. 28, *б* показан горизонтальный алмазно-расточный станок особо высокой точности модели 2712А, предназначенный для окончательного двустороннего растачивания двух соосных отверстий и подрезания торцов в корпусных деталях станков высокой точности под прецизионные подшипники.

Станок обеспечивает соблюдение следующих технических условий обработки: отклонение диаметра в любом сечении не более 0,003 мм для диаметра 120 мм и 0,004 мм для диаметра 200 мм на длине 100 мм, шероховатость поверхности отверстий и подрезанных торцов при обработке чугунных и стальных деталей 6—7-го классов, при обработке деталей из цветных сплавов 9—11-го классов.

Агрегатные станки являются специальными станками, состоящими из нормализованных узлов, и предназначены для механической обработки деталей крупносерийного и массового производства. Они обеспечивают повышение производительности труда по сравнению с универсальными станками, так как позволяют осуществлять многоинструментную и многопозиционную обработку деталей с одной или нескольких сторон при автоматическом управлении рабочим циклом, требуют меньше производственной площади, обеспечивают стабильную точность обработки, обслуживаются операторами невысокой квалификации, допускают многократное использование нормализованных узлов и деталей при смене изделия.

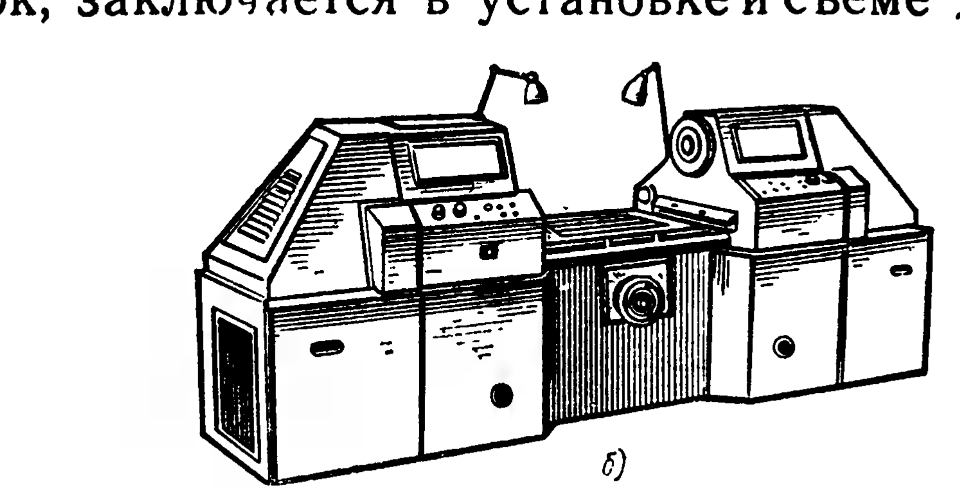
Агрегатные расточные станки используются преимущественно при обработке деталей автомобилей, тракторов, сельскохозяйствен-

ных машин, электродвигателей и т. п., а также в серийном производстве для выполнения трудоемких расточных операций.

Автоматизация цикла обработки на агрегатных станках достигается путем применения современной гидравлической и электрической аппаратуры. Благодаря этому они легко встраиваются в автоматические линии, где полностью автоматизируются процессы механической обработки, транспортирования, фиксации, зажима и измерения деталей.

Наряду с расточными операциями на агрегатных станках выполняются сверлильные, резьбонарезные и фрезерные операции. Роль рабочего, обслуживающего агрегатный станок, заключается в установке и съеме деталей,

а)



б)

Рис. 28. Алмазно-расточные станки (*а* и *б*) и агрегатный расточной станок (*в*)

наблюдении за работой станка, наладке его на режим обработки.

Особенностью агрегатных станков является широкое применение нормализованных узлов, благодаря чему облегчается и удешевляется проектирование, изготовление, ремонт и обслуживание.

Компоновка агрегатных станков бывает различной в зависимости от конструкции обрабатываемой детали и состава операций. Агрегатные станки могут иметь горизонтальное, вертикальное, наклонное, или смешанное, а также одно-, двух-, трех- или четырехстороннее исполнение. На рис. 28, *в* изображен агрегатный двусторонний 20-шпиндельный горизонтально-расточный станок. Он состоит из следующих основных узлов: станин *9*, средней части *6*, силовых головок *8*, шпиндельных коробок *5* и приспособления *4*. Все узлы, за исключением приспособления, нормализованы.

Обрабатываемые детали попарно закрепляют механическим ключом на каждой из шести граней поворотного барабана *3* приспособления *4*. Одна из граней барабана используется для установа и съема деталей, на остальных гранях производится обработка деталей инструментом, закрепленным в шпинделях коробок. Инструмент направляется через кондукторные втулки приспособления.

Станок настраивается на следующий автоматический цикл работы: поворот и фиксация барабана от штанги левой головки, быстрый ход силовых головок вперед, рабочая подача, останов и выдержка головок на мертвом упоре, быстрый обратный ход головок и расфиксация барабана, стоп.

Рис. 28. Продолжение

Вид А

1 2 3 4 5 6 7 8 1 9

в)

Для продолжения цикла рабочий должен нажать кнопку «поворот».

Управление автоматической работой головок по заданному циклу осуществляется от путевых упоров *1*, воздействующих на рычаг золотника гидравлической панели *2* и конечные выключатели *7*. Выдержка головок на регулируемом винте упора производится при помощи гидравлического реле давления и электрического реле времени. Главное движение (вращение шпинделей с инструментом) осуществляется электродвигателем через зубчатые передачи силовой головки и шпиндельной коробки.

Расположение соответствует координатам обрабатываемых отверстий и расположению деталей на гранях барабана.

Движение подачи силовых головок вместе с инструментом осуществляется по прямоугольным направляющим станины при помощи нормализованного гидравлического привода, смонтированного в силовой головке и состоящего из лопастного насоса, гидравлической панели управления и цилиндра подачи. Резервуаром для масла служит внутренняя полость корпуса головки. Лопастной насос соединен с панелью внутренним трубопроводом. От панели масло подводится к цилиндру подачи. Привод лопастного насоса осуществляется от приводного вала головки через зубчатую передачу. Длина хода головки определяется длиной гидроцилиндра. Величина рабочей подачи плавно регулируется дросселем панели управления.

Перед началом работы на станке рабочий должен проверить наличие масла в шпиндельных коробках и масленках, крепление и расположение упоров управления, соответствие наладки инструмента обрабатываемой детали (если на станке обрабатывается несколько разных деталей и он переналаживается). После этого рабочий включает вводный рубильник и нажимает кнопку «пуск». Через 5 мин работы станка на холостом ходу масло нагревается и рабочий нажатием кнопки «зажим» закрепляет механическим ключом две детали на загрузочной позиции. После нажима на кнопку «поворот» станок работает в автоматическом цикле.

При работе станка на наладочном режиме управление станком осуществляется от кнопок «пуск» и «стоп», «вперед» и «назад», «зажим» и «отжим», «поворот» и «отмена команды».

Кнопку «стоп» нажимают при аварии или обнаружении дефекта. Кнопки «вперед» и «назад» дают команду на подвод и отвод силовой головки. Кнопку «отмена команды» используют, если необходимо возвратить барабан в исходное положение после его поворота.

§ 8. Расточные станки с числовым программным управлением

Одним из направлений автоматизации обработки металлов в мелкосерийном и серийном производстве, обеспечения резкого повышения производительности труда, снижения стоимости и повы-

шения качества продукции является внедрение станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Основными преимуществами станков с ЧПУ являются: окончательная обработка деталей на одном станке без переналадки и переустановки, высвобождение значительного числа универсальных станков и квалифицированных станочников, сокращение сроков подготовки производства, сокращение потребности в специальной оснастке и инструменте, устранение разметки, сокращение брака и повышение качества обработки. Широкое применение станков с ЧПУ вызывает значительные изменения в общей организации производства благодаря возможности многостаночного обслуживания, быстрой переналадки на производство новых изделий, интенсификации и качественного улучшения производственного процесса и сокращения цикла обработки изделий, внедрение расчетно-технических норм и уменьшение доли тяжелого ручного труда.

Станки с ЧПУ первого поколения — универсальные станки, переоборудованные под числовое управление, имели следующие недостатки: невысокая точность, ограниченные технологические возможности (работа одним инструментом), невысокая производительность (низкая скорость вспомогательных перемещений, ограниченная жесткость, малые рабочие усилия, значительное подготовительное время). Станки второго поколения имеют конструкции, специально разработанные для ЧПУ, повышенную жесткость, долговечность (защита от стружки), скорость холостых перемещений повышена до 5—10 м/мин, автоматическую смену инструмента, адаптивное управление с автоматическим выбором количества ходов и оптимизацию режимов резания, повышенную производительность и точность обработки; к недостаткам можно отнести отсутствие комплексности обработки, значительное подготовительное время из-за ручной установки и снятия детали. Станки третьего поколения (обрабатывающие центры) обеспечили возможность комплексной обработки, расширение технологических возможностей, увеличение количества управляемых по программе координат до 5—6 с поворотом детали вокруг вертикальной и горизонтальной осей, выход на ЭВМ системы управления станком, подачу по программе заготовок с запасной позиции, автоматическую загрузку — выгрузку инструментов в магазине, возможность встраивания в автоматические линии, применения многошпиндельных головок, управляемых по числовой программе.

Такие станки применяются в мелкосерийном и серийном производстве с большой номенклатурой изготовляемых изделий при обработке точных и сложных деталей, с большим количеством операций и при обработке с нескольких сторон многими инструментами. Применение расточных станков с ЧПУ особенно выгодно, так как растачивание корпусных деталей сопряжено с большим числом переходов и требует применения специальных устройств для установки и выверки детали при ее обработке в различных положениях.

Если на обычных станках доля машинного времени составляет 25—30% от общего фонда рабочего времени, то для расточных станков с ЧПУ удельный вес машинного времени составляет 60%.

При обработке нескольких отверстий на горизонтально-расточных станках или координатно-расточных станках, расстояние между которыми должно выдерживаться с очень высокой точностью, измеряемой микронами, перестановка инструментов или изделия из одного положения в другое требует большого внимания, времени и высокой квалификации рабочего или специальных приспособлений, кондукторов, шаблонов. От рабочего, обслуживающего станок с программным управлением, не требуется высокое искусство, какое было нужно при работе на универсальном станке. Для того чтобы обработать новую деталь, достаточно заменить перфокарту или перфоленту.

В станке с программным управлением необходимо иметь наряду с совершенными механизмами программного управления и совершенную прямую цепь управления, чтобы точность и чувствительность исполнительных органов станка были соизмеримы с точностью и чувствительностью его измерительных органов. Для этого необходимо, чтобы погрешность обработки изделия вследствие зазоров, упругости, трения, температурных деформаций в ответственных передачах и узлах станка были достаточно малы. С этой целью в станках с программным управлением применяются шариковые винты с предварительным натягом, роликовые направляющие, гидростатические направляющие (когда смазка подается на направляющие под давлением), применяются меры для повышения жесткости и точности обработки и сборки основных узлов и деталей всей технологической системы, а также уменьшения температурных деформаций узлов станка.

Эффективность применения станков с ЧПУ определяется техническими и организационно-технологическими факторами. Технические факторы: качество конструкции и управляющих устройств, скорость и точность перемещения рабочих органов, надежность работы станка. Организационно-технологические факторы: выбор деталей для обработки на станках, степень использования станков, уровень организации производства, обслуживание и ремонт оборудования, качество подготовки инструмента, программ, обеспеченность квалифицированными кадрами, многостаночное обслуживание.

Наибольший экономический эффект обработки на станках с ЧПУ достигается при обработке сложных деталей с большим числом операций, деталей из труднообрабатываемых материалов, средней партионности деталей (малая партионность — универсальные станки, большая партионность — агрегатные станки). При обработке сложных крупногабаритных корпусных деталей на многооперационных станках с ЧПУ достигается снижение трудоемкости обработки, вспомогательного времени, ликвидация промежуточных контрольных измерений, значительное уменьшение количества необходимых приспособлений, сокращение числа установок

деталей, обеспечивается возможность многостаночного обслуживания, сокращается количество необходимых межоперационных транспортных средств и цикл обработки деталей.

Наряду с преимуществами необходимо учитывать, что стоимость станков с ЧПУ в 3—5 раз выше универсальных станков, требуется аппаратура для записи и контроля программ, поэтому необходим расчет технологической себестоимости единицы продукции до и после внедрения станков с ЧПУ. Срок окупаемости станков с ЧПУ — не более 6—8 лет.

По технологическим возможностям станки с ЧПУ делят на три группы: для контурной обработки фасонных поверхностей переменного профиля (фрезерные и токарные); для позиционной обработки отверстий (сверление, резьбонарезание, растачивание), фрезерные для обработки плоскостей; для универсальной комплексной позиционной и контурной обработки (многооперационные), оснащенные устройствами автоматической смены инструмента.

Основные принципы построения и работы станков с программным управлением. Сущность числового программного управления металлорежущими станками заключается в следующем.

По чертежу обрабатываемой детали рассчитывают программу перемещений режущего инструмента относительно заготовки. Программу кодируют, т. е. координаты опорных точек траектории записывают в виде чисел в двоичной, десятичной или смешанной системах счисления.

Поскольку программу задают в абстрактном виде как совокупность определенных чисел без создания в каком-либо масштабе материального аналога обрабатываемой детали (копира, шаблона, кулачков, упоров и т. п.) и программа однозначно определяет последовательную совокупность положений рабочих органов станка, она называется системой числового программного управления.

Числовые обозначения программы переносят на перфокарту, перфоленту, магнитную или киноленту.

Программу вводят в «считывающее» устройство станка, которое преобразует числовые обозначения в соответствующие командные импульсы (электрические, электромеханические, фотоэлектрические, пневматические).

Управляющие механизмы, получив командные импульсы, подают сигналы на приводы суппортов, столов и других исполнительных органов.

Таким образом система программного управления в основном состоит из двух групп устройств: для записи программ (перфораторы, магнитные головки) и для воспроизведения записанных программ. Действия, выполняемые рабочими органами станка по сигналам систем программного управления, обеспечивают исполнение технологических команд — изменение режимов резания, смены инструментов и изменение геометрии изделия перемещением столов, салазок или поворотом столов.

Система программного управления станками определяется различными способами составления и преобразования информации о перемещении исполнительных органов станка и различными принципами действия механизмов, осуществляющих перемещение исполнительных органов станка.

Составными элементами комплекса числового программного управления являются системы подготовки программ, обработки программной информации (числового управления), реализации программ (собственно станок) и технологической подготовки.

Система подготовки программ с управлением от перфоленты включает цифровую вычислительную машину или настольные клавишные (электрические) счетные машины и ручной перфоратор для пробивки (перфорации) программ. Система подготовки программ с управлением от магнитной ленты содержит те же элементы, что и при управлении от перфоленты, и, кроме того, устройство записи на магнитную ленту.

Система обработки программной информации реализуется интерполятором, который преобразовывает вводимую в него с помощью перфоленты информацию (в виде приращения по координатным осям) в определенную последовательность распределенных по времени и по координатным осям импульсов, каждый из которых соответствует элементарному перемещению на шаг рабочих органов станка. Это элементарное перемещение называется ценой импульса и обычно составляет 0,01 — 0,02 мм.

Реализация программы заключается в определенных перемещениях рабочих органов станка, связанных с приводами подач, а также в автоматической установке инструмента, режимов обработки, включения зажимов, охлаждения.

Задача системы технологической подготовки заключается в подготовке исходных технологических данных для составления программы и разработки методов и способов настройки станка, выбора инструмента, способа базирования заготовки и т. п.

Функции, выполняемые отдельными элементами программного управления: устройства для ввода программы и преобразования ее в необходимые сигналы управления; промежуточная «память» — для запоминания и хранения в течение заданного времени сигналов, поступающих от устройства для ввода программы; интерполяторы — счетно-решающие устройства для вычисления координат промежуточных точек криволинейного контура изделия и подачи сигналов управления в период между двумя опорными точками криволинейного профиля; сравнивающее устройство — узел активного контроля, который сопоставляет величину фактического перемещения с заданной по программе и при наличии разницы между ними обеспечивает перемещение рабочего органа, прекращающееся при достижении равенства фактического и заданного перемещений; командные устройства — преобразуют сигналы в командные импульсы, непосредственно управляющие исполнительными механизмами — электромагнитными муфтами, электромагнитами, гидравлическими золотниками и др.

Командные устройства сочетают в себе элементы сравнивающих устройств и обратной связи; приводы подачи (винтовые механизмы, гидроцилиндры, шаговые и другие двигатели) — для перемещения рабочих органов при срабатывании исполнительных механизмов.

Простая принципиальная схема программного управления станка с шаговым двигателем действует следующим образом: устройство для ввода программы подает сигнал к усилителю сигналов, оттуда он в виде электрического импульса поступает к шаговому двигателю, который работает прерывисто, осуществляя заданное перемещение рабочего органа при получении определенного количества сигналов.

Если длина хода равна 10 мм, а цена импульса 0,1 мм, то для перемещения на длину хода необходимо подать 100 сигналов. При этом отпадает необходимость в обратной связи, но повышаются требования к точности срабатывания исполнительных механизмов и прецизионности перемещения движущих частей станка при подаче импульсов.

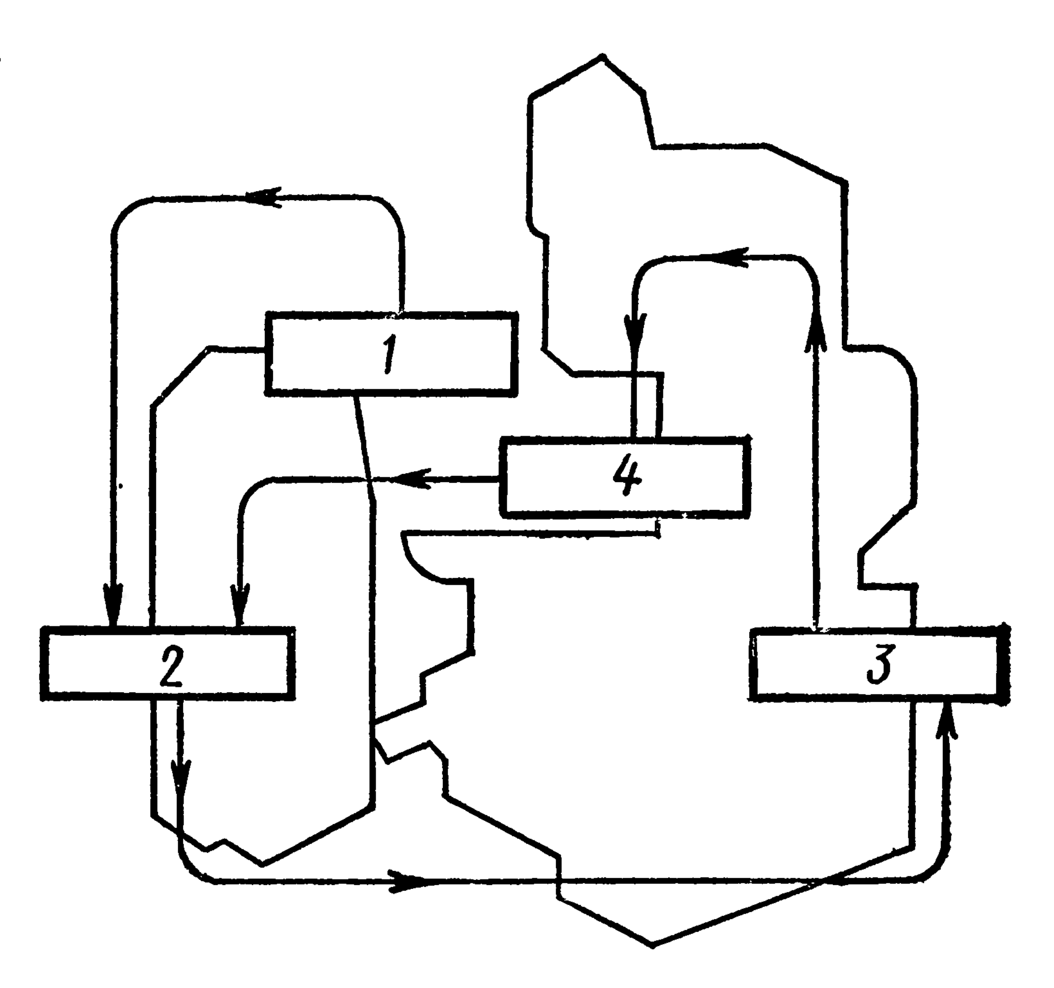


Рис. 29. Блок-схема замкнутой системы программного управления станков

Блок-схема станка с программным управлением (рис. 29) содержит: носитель программы *1* (перфокарта, перфолента, магнитная лента, магнитный барабан, кинолента); считывающее устройство *2* (щупы, фотоголовка, магнитная головка); листопротяжный механизм *3*; узел управления *4*, механизмы и устройства которого преобразуют команду от узла программы (позиции *1*, *2*, *3*) в форму, понятную исполнительным органам, расшифровывают команды и перерабатывают программу с целью управления источниками мощности и исполнительными механизмами, реализующими заданную программу работы (механизмы скоростей, подач, управления органами станка).

Системы записи программ. Программы могут быть записаны (рис. 30) путем пробивки отверстий на перфорированных картах и лентах, световой записью штрихами на фотолентах и магнитной записью штрихами на магнитных лентах или магнитном барабане.

Перфорированные карты или ленты являются полосками плотной бумаги с пробитыми в них отверстиями (перфорациями).

Находясь между двумя электрическими контактами, они изо-

лируют последние друг от друга и замыкают контакты, когда отверстия расположены против контактов.

Располагая отверстия по определенному коду, можно, перемещая перфокарту (перфоленту), создавать серию электрических сигналов для получения заданных размеров обработки или осуществления команд управления (подвода или отвода столов, суппортов, реверсирования и других команд).

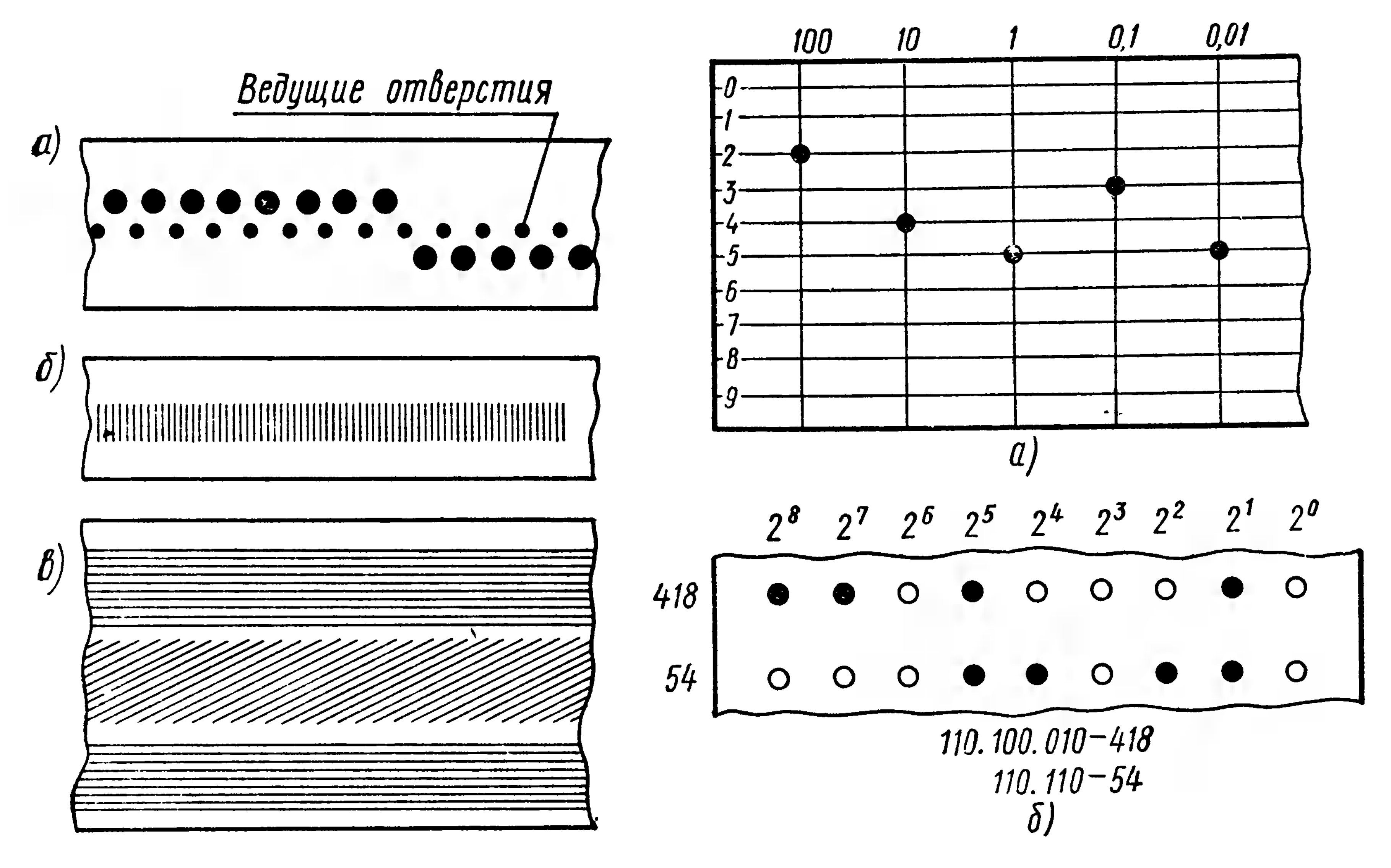


Рис. 30. Виды записи программ в натуральной единичной системе счисления:

а — на перфорированной карте-ленте путем пробивки отверстий, *б* — на фотопленке, световая, *в* — магнитная, на магнитном материале

Рис. 31. Системы записи на перфоленте:

а — по десятичному коду, *б* — по двоичному коду

Существует несколько приемов кодирования и записи программ в десятичной, двоичной и смешанной системах счисления.

Пример записи числа по десятичной системе приведен на рис. 31, *а*. Лента разделена на десять горизонтальных дорожек, занумерованных от 0 до 9, и каждый участок имеет пять вертикальных строчек: первая подает сигнал на перемещение на 100 мм, вторая — на 10, третья — на 1, четвертая — на 0,1 мм и т. д. Если надо переместить суппорт на 245,35 мм, то эту величину можно представить как сумму $2 \cdot 100 + 4 \cdot 10 + 5 \cdot 1 + 3 \cdot 0{,}1 + 5 \cdot 0{,}01 = 245{,}35$. Поэтому отверстия располагаются по такому коду: в строчке сотен — на второй сверху дорожке, в строчке десятков — на четвертой дорожке и т. д.

Десятичная система удобна только для простых программ, для сложных программ и перемещений на величины чисел с боль-

шим количеством знаков, запись их на перфоленте удлиняется и пользоваться ими становится неудобно.

Наиболее удобной системой кодирования сигналов является двоичная (или бинарная) система, когда все числа изображаются двумя цифрами: 1 и 0, что упрощает запись программ и подачу сигналов, так как цифре 1 соответствует пробитое отверстие, а цифре 0 — непробитое. Это удобно для считывающих и вычислительных устройств с применением релейных схем, ибо любое реле имеет только два состояния — включено (1) и выключено (0), с применением магнитной ленты — намагниченный участок (1) и ненамагниченный (0), с применением киноленты — белая черта (1), черная (0) и других устройств и приборов, имеющих два различных устойчивых состояния.

Для записи программы на перфоленту необходимо предварительно вычислить в десятичной системе координаты опорных точек и изобразить их в двойной системе счисления. Например, координаты равны 418 и 54 мм, тогда $418=1\cdot2^8+1\cdot2^7+0\cdot2^6+1\cdot2^5+0\cdot2^4+0\cdot2^3+0\cdot2^2+1\cdot2^1+0\cdot2^0$ и $54=1\cdot2^5+1\cdot2^4+0\cdot2^3+1\cdot2^2+1\cdot2^1+0\cdot2^0$. Число 418 изобразится в двоичном коде по первым сомножителям 110.100.010, а 54 как 110.110.

Перенос изображения числа на перфоленту начинают справа налево, располагая перфорации от нижних строчек к верхним (или наоборот). На рис. 31, *б* показано изображение чисел 418 и 54 в двоичной системе счисления.

На перфолентах имеются также дорожки, на которых располагаются отверстия для подачи сигналов управления.

Магнитные ленты с нанесенным слоем ферромагнитной эмульсии используют в качестве программоносителя при осуществлении магнитной записи. Пленку протягивают с определенной скоростью через звукозаписывающую головку (рис. 32, *а*), состоящую из двух

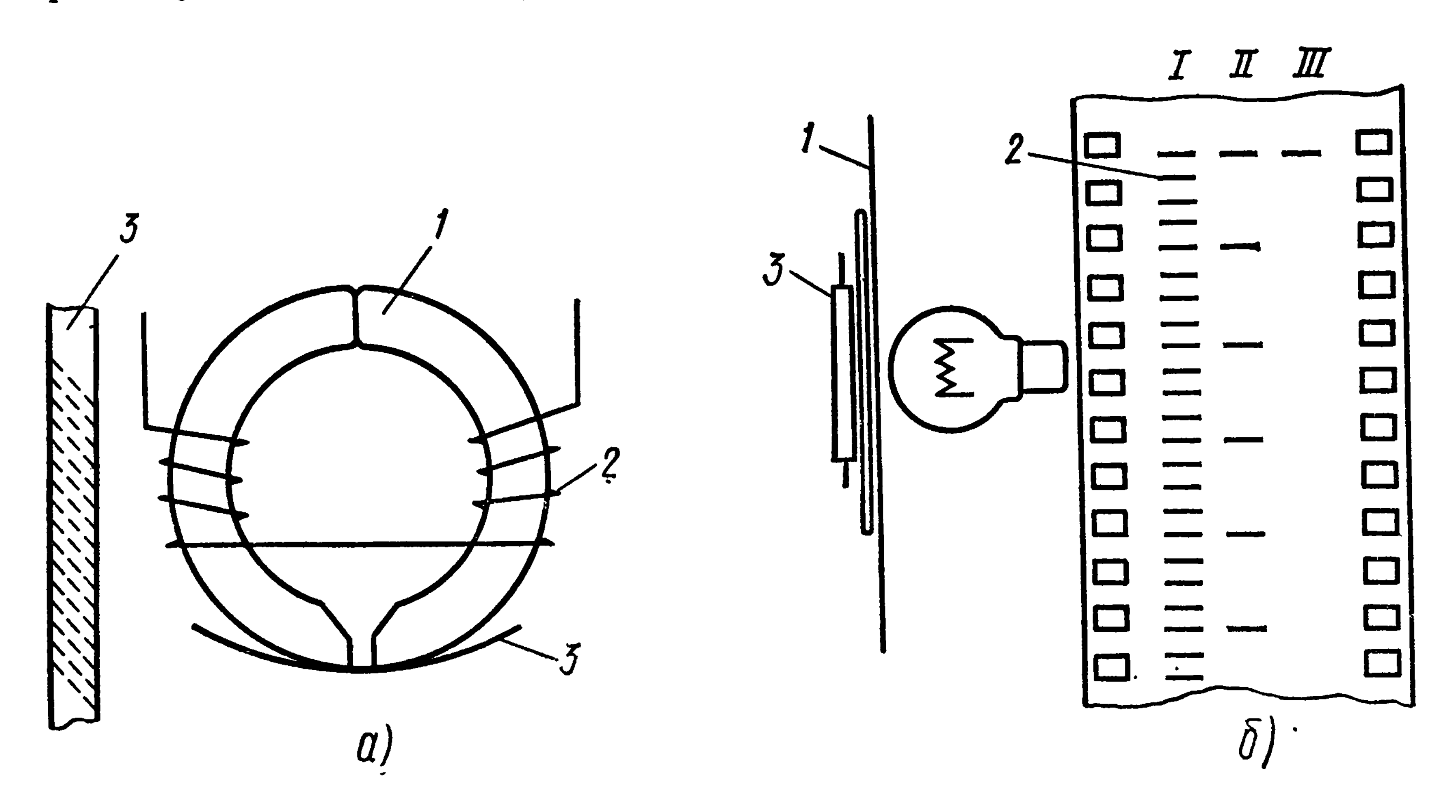


Рис.. 32. Запись программ:
а — на звукозаписывающей головке, *б* — на кинопленке

полуколец *1*, образующих сердечник с электромагнитными катушками *2*. При пропускании переменного тока через обмотку катушек в рабочем зазоре сердечника (0,01—0,02 мм) возникает переменное магнитное поле, которое оставляет на движущейся магнитной ленте *3* поперечные магнитные штрихи. При протягивании ленты с записью программы через звуковоспроизводящую головку магнитные штрихи, перемещаясь в зазоре, создают в нем переменный магнитный поток, который возбуждает в катушках электродвижущую силу и при определенных условиях ток воспроизводящей головки будет точно таким, как первичный ток записи.

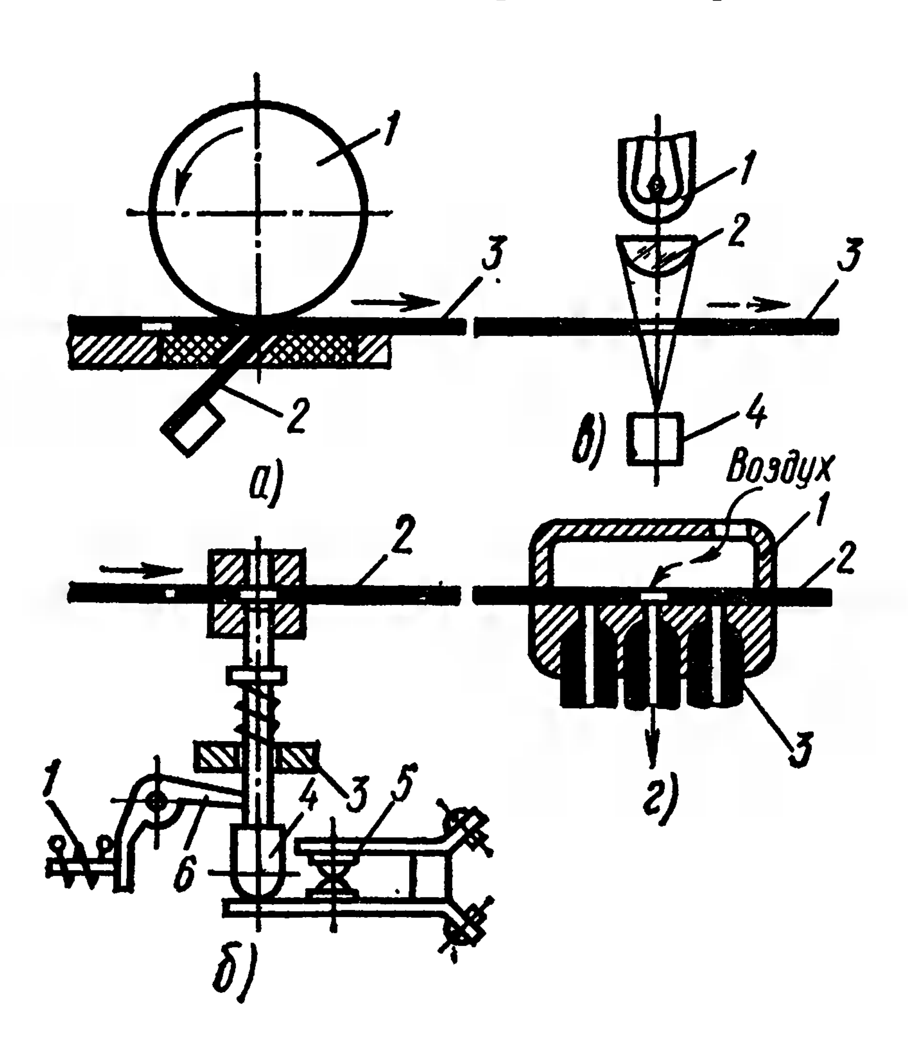


Рис. 33. Схема считывающих устройств:
а — электрических, *б* — электромеханических, *в* — фотоэлектрических, *г* — пневматических

Запись программы на кинопленке *1* (рис. 32, б) состоит в нанесении непрозрачных штрихов 2, которые изменяют освещение фотоэлементов *3* и, следовательно, величину фототока. Каждому штриху соответствует определенная величина перемещения рабочего органа, и длина пройденного пути исчисляется количеством штрихов, умноженному на величину импульса (0,01—0,02 мм), а скорость — частотой импульсов (шагом штрихов). На пленке располагается несколько дорожек: *I* — для продольного движения стола, *II* — для поперечного движения стоек, *III* — для вспомогательных команд и др.

Считывающие, командные и отсчетные устройства. На рис. 33 показаны различные способы считывания программ, записанных на перфокарте или перфоленте.

Щетка *2* (рис. 33, *а*) касается контактного барабана *1* и замыкает соответствующую электрическую цепь, когда против нее находится отверстие в перфорированной ленте *3*. Для уменьшения износа ленты применяют шаговое перемещение с прижиманием щетки или щупа к ленте только в период ее останова.

При прохождении отверстия в перфорированной ленте *2* (рис. 33, *б*) над штифтом *4* последний, под действием пружины *3*, западает в отверстие ленты, замыкая контакты *5*, которые включают соответствующую электрическую цепь, питающую электромагнит *1*, который поворачивает рычаг *6*, и штифт *4* опускается вниз, сжимая пружину *3* и размыкая контакты *5*.

При прохождении отверстия в перфорированной ленте *3* (рис. 33, *в*) над фотодатчиком *4* луч света из осветителя *1* через линзу

2 падает на фотоэлемент, в результате чего включается соответствующая электрическая цепь.

Когда отверстие в трубке 3 (рис. 33, г) располагается под отверстием в перфорированной ленте 2, воздух из камеры 1 подается под определенным давлением в соответствующую пневматическую систему.

Командные устройства преобразовывают полученные сигналы программы в командные импульсы, непосредственно управляющие исполнительными механизмами, а также сочетают в себе и элементы следящего привода (сравнивающих устройств), образуя систему обратной связи.

К числу схем командных устройств, применяемых в станкостроении, относятся анкерные, релейные, индуктивные, оптические и с магнитной записью. Схема электромеханического анкерного командного устройства (рис. 34, *а*) работает следующим образом. При включении электромагнита 5 анкер 3 занимает положение, показанное на рисунке. При наличии электрического импульса в электромагните 4 тяга 6 переместится вправо, анкер повернется вокруг оси *О* и левый рычаг анкера освободит колесо 2, а правый войдет в зацепление с ним, позволяя колесу повернуться на некоторый угол, так как вал 1 жестко связан с колесом 2. Подавая попеременные импульсы в электромагниты 4 и 5, осуществляют периодический поворот вала 1 и перемещение рабочего органа на определенную длину.

Схема релейного устройства командоаппарата с поляризованным реле показана на рис. 34, *б*. Командоаппарат состоит из магазина сопротивлений (два одинаковых участка $r_1 - r_7$ и $r_1' - r_7'$), группы промежуточных реле P_1—P_7, потенциометра 1, подвижного контакта 3 и поляризованного реле с усилителем 2. Сопротивление секций подобрано так, что они пропорциональны числам, которые в двоичной системе счисления выражаются в определенном разряде (1, 10, 100 и т. д.). Сумма сопротивлений $r_1+r_2+r_3+$ $+r_4+\ldots+r_7$ равна сопротивлению потенциометра на всей его длине ($l=127$ мм). Отдельные сопротивления включаются и выключаются с помощью промежуточных реле P_1—P_7, цепь обмотки которых замыкается через отверстия перфокарт.

Если программа предусматривает перемещение суппорта на величину $l_1=43$ мм, где $43=32+8+2+1$, тогда реле включают секции сопротивлений r_6, r_4, r_2, r_1, а r_7, r_5, r_3 отключают и ток от точки *d* пойдет в обход секций r_7, r_5 и r_3, напряжение в точке *b* становится равным напряжению в точке *a* потенциометра; сопротивление потенциометра на участке $l_2=127-43=84$, где $84=64+16+4$, что соответствует сумме величин сопротивлений r_7', r_5', r_3'.

Пока подвижной контакт 3 перемещается к точке *a*, напряжение в точке *f* будет меньше напряжения в точке *b* и движение суппорта будет продолжаться. При достижении подвижным контактом *a* напряжения в точках *b* и *f* сравняются и поляризованное реле отключит двигатель.

Система промежуточных реле представляет собой запоминаю-

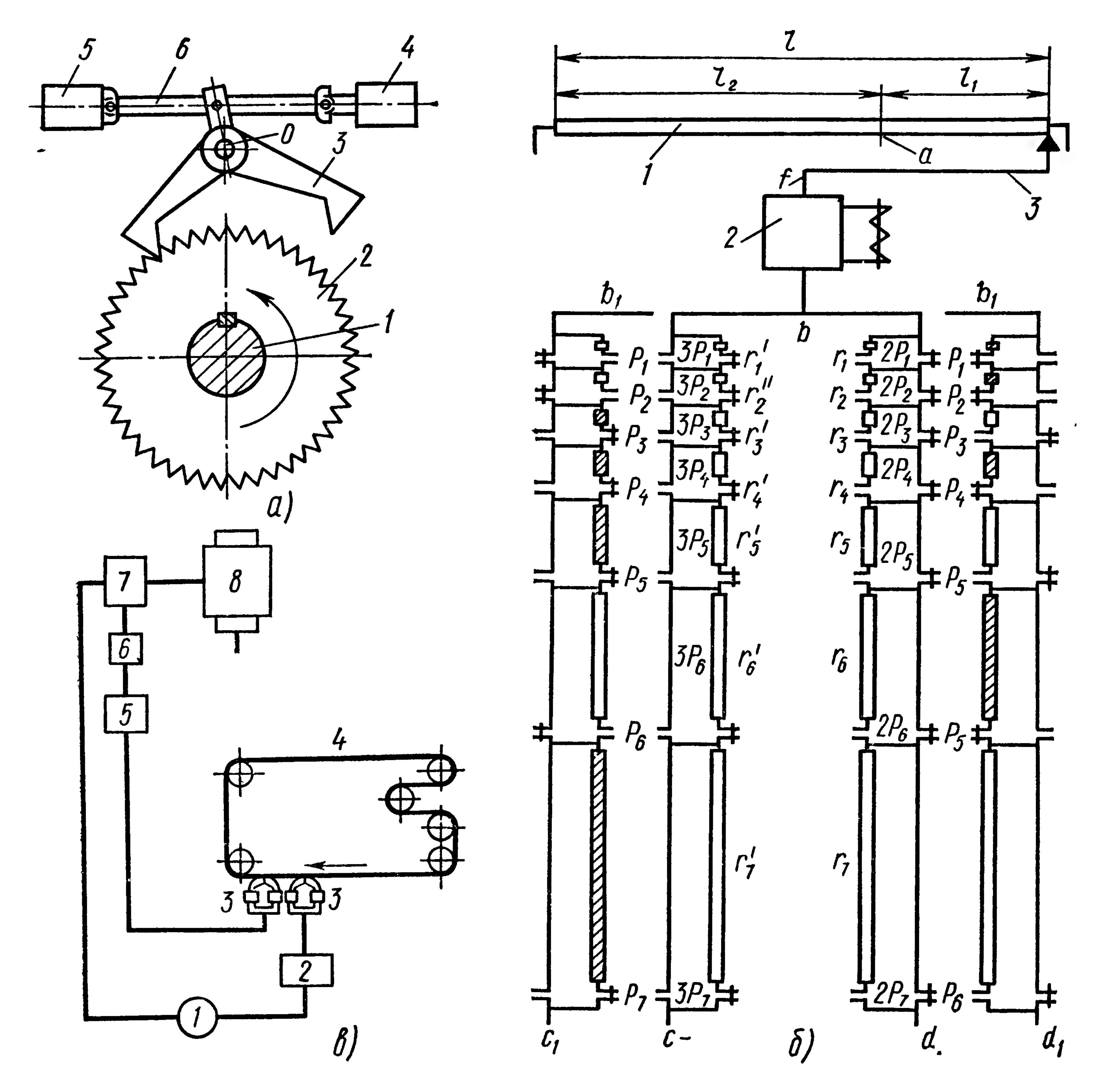


Рис. 34. Схемы командных устройств:
а — анкерного, *б* — релейного, *в* — с магнитной записью

щее устройство, которое удерживает зафиксированные данные ($l_1=43$ мм) до поступления новой информации.

Схема командного устройства с магнитной записью (рис. 34, *в*) действует следующим образом. Пусть необходимо записать программу, состоящую из периодических включений электродвигателя *8* для вращения рабочего органа станка.

Для записи программы нажимают кнопку *1* и держат ее до тех пор, пока двигатель *8* отключится. Количество включений, время работы двигателя и интервалы между включениями определяются программой. При нажатии кнопки *1* одновременно с двигателем *8* включается и генератор *2* звуковой частоты, ток от которого поступает в записывающую головку *3*, по которой протягивается магнитная лента *4*. При работе двигателя и генератора на ленте образуются магнитные штрихи. Если включить воспроизводящую головку, то при перемещении ленты в сердечнике головки будут воспро-

изводиться записанные сигналы, которые в виде тока, усиленного усилителем *5*, поступают в реле *6* и включают пускатель *7* и, следовательно, двигатель *8*. Пускатель будет находиться под током до тех пор, пока на ленте не кончится магнитная запись, после чего возбуждение тока в головке прекратится и двигатель *8* отключится.

Индуктивный датчик (рис. 35, *а*) состоит из стержня *1*, сердечника *2* и регистрирующего прибора *3*. Стержень *1* выполняется из магнитного материала с точными размерами выступов и

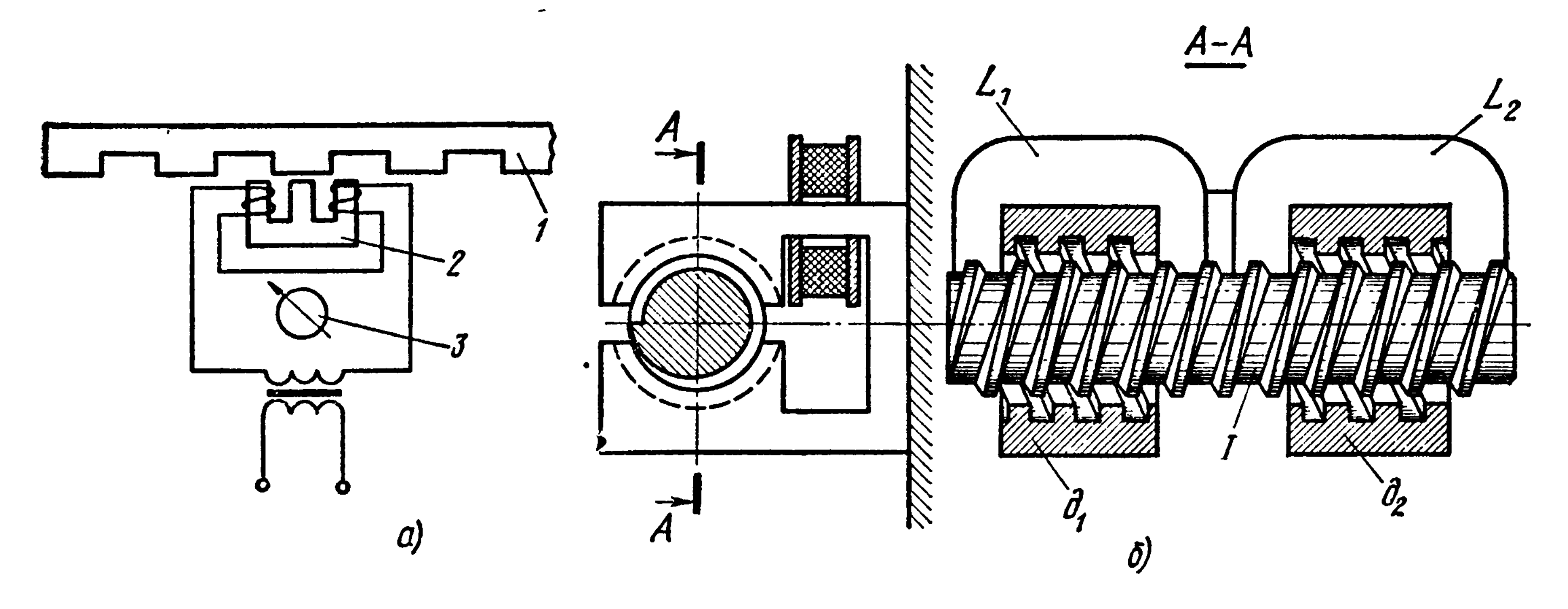


Рис. 35. Индуктивные датчики:
а — схема индуктивного датчика, *б* — винтовой индуктивный датчик

впадин (порядка 3 мкм) и соединяется со станиной станка. Ш-образный сердечник, выполненный с такой же степенью точности, имеет две встречные обмотки, питающиеся от вторичной обмотки входного трансформатора. При совпадении оси сердечника с осью выступа стержня стрелка прибора, включенного по мостовой схеме, занимает нулевое положение благодаря равенству индуктивных сопротивлений левой и правой частей датчика. Если сердечник смещается вправо или влево, то симметрия нарушается и стрелка прибора отклоняется в ту или иную сторону на величину, пропорциональную величине смещения сердечника. Датчик позволяет отсчитывать по показаниям прибора расстояния от нуля до величины шага выступов с точностью до 3 мкм. При перемещении на один шаг стрелка прибора возвращается в нулевое положение.

При использовании индуктивных датчиков такого типа необходимо иметь две системы отсчета: одну для отсчета целых шагов и вторую для отсчета точных перемещений в пределах одного шага.

Индуктивные датчики применяются в системах управления координатно-расточными станками.

Винтовой индуктивный датчик (рис. 35, *б*) состоит из винта подачи *1* и двух полугаек $д_1$ и $д_2$ с катушками L_1 и L_2, включенными в потенциометрическую дифференциальную схему (рис. 36).

Между винтом и гайкой имеется зазор 0,2 мм, и для повышения чувствительности полугайки смещены относительно витков винта на половину шага, т. е. на толщину витка резьбы, благодаря чему создается дифференциальность индуктивной системы, так как при смещении полугаек вместе со столом относительно винта выступы его резьбы отдаляются от выступов одной полугайки и приближаются к выступам другой полугайки, изменяя индуктивность катушек и ток в цепи гальванометра *И*.

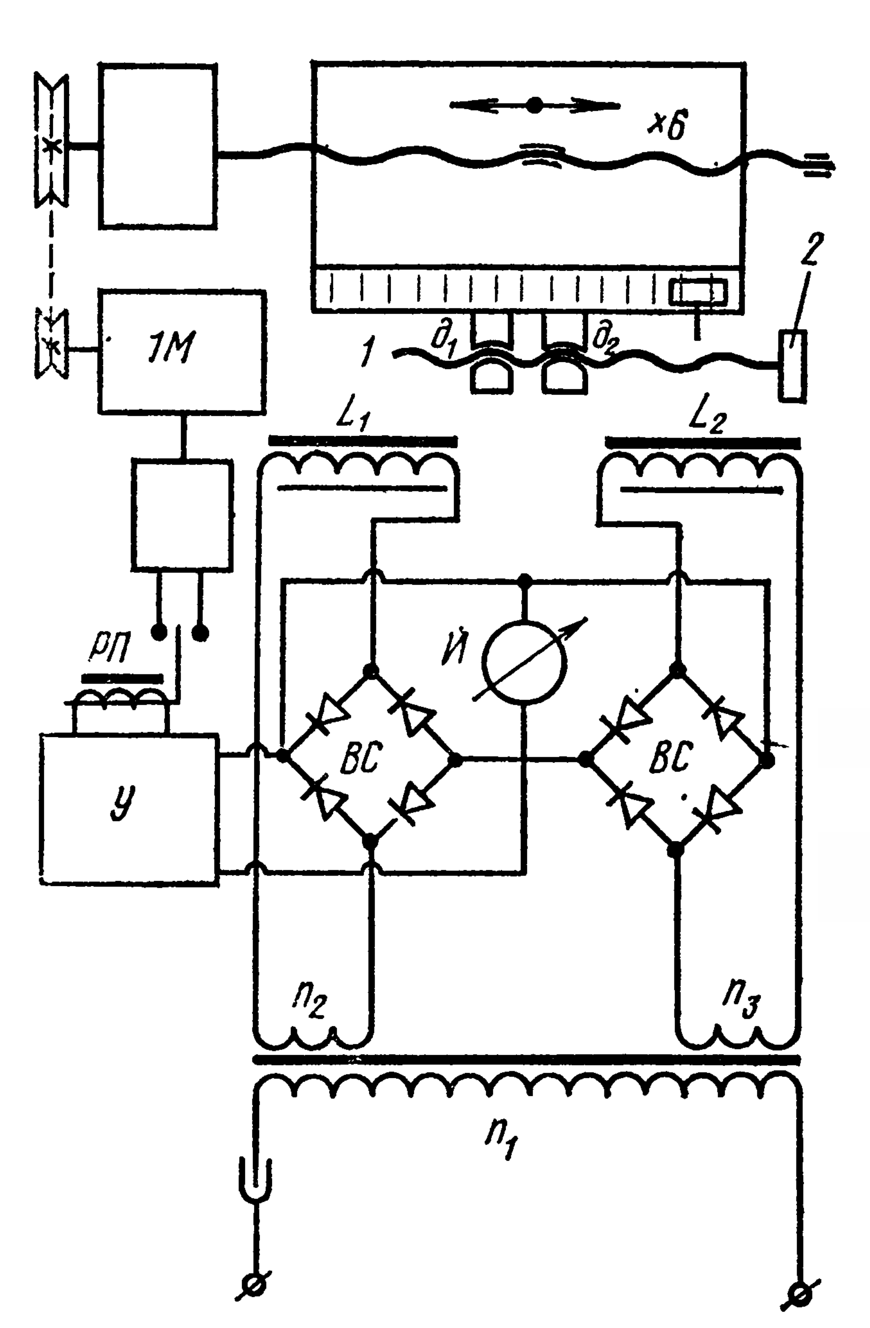


Рис. 36. Дифференциальная мостовая схема на потенциометрах

При среднем осевом положении витков полугаек относительно витков винта система находится в равновесном состоянии и ток в цепи гальванометра равен нулю. При этом датчик подает импульс поляризованному реле *РП*, управляющему движением стола через электродвигатель *1М* подачи стола. При достижении нулевого положения, соответствующего заданной координате, датчик подает на электродвигатель *1М* команду «стоп».

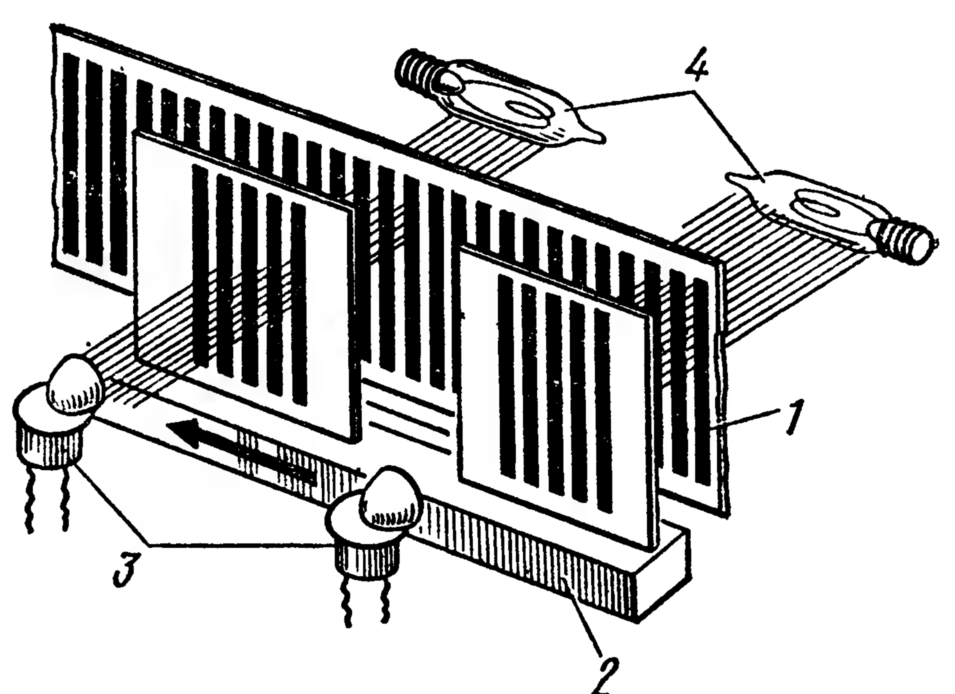


Рис. 37. Оптический датчик

Оптический датчик (рис. 37) имеет две стеклянные пластинки — неподвижную линейку *1* и движок *2* с нанесенными на них рисками. Линейка и движок освещаются с одной стороны лампой *4*, и лучи света, проходя через пластинки, воспринимаются фотоэлементом *3*.

Толщина рисок на линейке и движке равна величине промежутка между рисками, поэтому при перемещении движка *2* относительно линейки *1* освещенность фотоэлемента изменяется от минимальной величины, когда риски движка закрывают промежутки между рисками на линейке, до максимальной, когда риски на движке и на линейке совпадают. При этом фототок на выходе фотоэлемента изменяется по синусоидальному закону.

Если соединить линейку со станиной, а движок со столом и нанести на линейке и движке 250 линий на 1 мм, тогда изменение освещенности фотоэлемента от минимальной до максимальной величины будет соответствовать перемещению рабочего органа на 2 мкм.

Чтобы определить направление перемещения рабочего органа, необходимо установить два движка так, чтобы риски одного из них совпадали с рисками линейки, в то время как риски другого движка совпадают с прозрачными участками линейки. Тогда в зависимости от направления движения стола впереди будет двигаться один из движков и фазовый сдвиг сигналов на выходе фотоэлементов даст возможность автоматически различать направления перемещения.

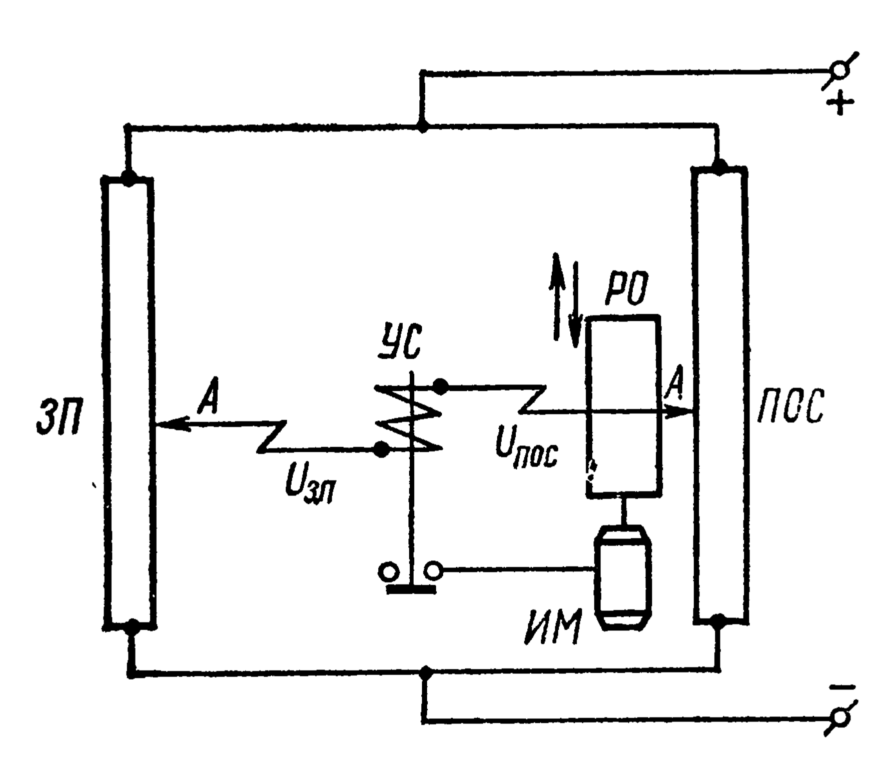


Рис. 38. Схема потенциометрического датчика

В связи с трудностью строго параллельной установки рисок на движке и линейке применяют умышленный перекос рисок так, чтобы каждая из рисок движка перекрывалась с двумя-тремя рисками линейки. В результате перемещения движка вправо или влево образуются горизонтальные темные и светлые полосы, которые движутся вверх или вниз то затемняя, то освещая фотоэлемент. Установив за движком два фотоэлемента так, чтобы один был освещен, а другой в это время затемнен, получают тот же эффект, что и при установке двух движков и линейки с параллельными линиями.

Оптические датчики применяются в системах управления фрезерными станками для непрерывного измерения перемещений с отсчетом мелкими шагами и преобразованием непрерывного перемещения суппорта в совокупность дискретных электрических импульсов.

Потенциометрический датчик (рис. 38) используется для одноотсчетной системы управления модулированием напряжения и измерения перемещений рабочего органа.

Задающий датчик *ЗП* и датчик обратной связи *ПОС*, являющиеся потенциометрами (неподвижные стержни, на которые намотана проволока с большим омическим сопротивлением), соединены в мостовую электрическую схему, в диагонали которой включено сравнивающее устройство *УС* в виде магнитного реле.

Величина перемещения рабочего органа, записанная на программоносителе, считывается и преобразуется в напряжение на задающем потенциометре $U_{з.п}$, величина которого сравнивается с напряжением на потенциометре обратной связи $U_{пос}$, следящем за

изменением напряжения на задающем потенциометре, т. е. за перемещением рабочего органа станка. Если $U_{з.п} - U_{пос} \neq 0$, то система находится в неравновесном состоянии и сравнивающее устройство *УС* включает привод *ИМ* рабочего органа *РО* по часовой или против часовой стрелки, в зависимости от знака $U_{з.п} - U_{пос}$. Перемещение рабочего органа и ползушки *А* происходит вперед или назад до тех пор, пока $U_{з.п} = U_{пос}$ и система придет в равновесное состояние, при этом сравнивающее устройство *УС* обесточится и выключит привод движения рабочего органа.

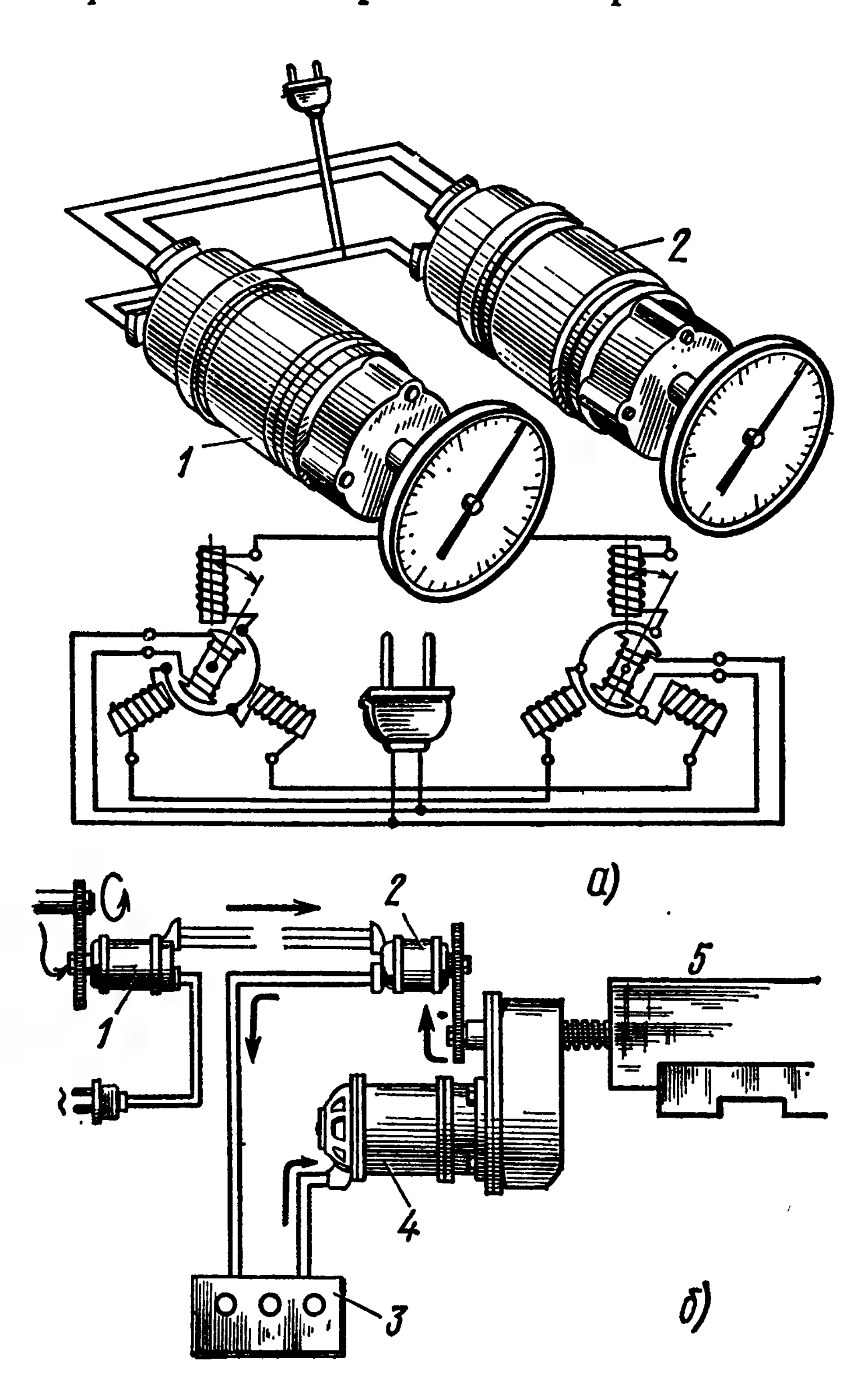


Рис. 39. Сельсинная передача:
а — простая, *б* — дифференциального действия: *1* — сельсин-датчик, *2* — дифференциальный сельсин, *3* — усилитель, *4* — исполнительный двигатель, *5* — стол станка

Если в перемычку моста вместо сравнивающего устройства *УС* включить гальванометр и, регулируя задающий потенциометр, установить стрелку гальванометра на нуль, то при последующем перемещении рабочего органа и ползушки потенциометра в ту или иную сторону нарушится равновесие моста и величина перемещения рабочего органа (или величина разбаланса) будет определяться по показаниям гальванометра.

Потенциометрические датчики применяются в системах управления токарными, токарно-карусельными и координатно - расточными станками в комбинации с индуктивными датчиками.

Системы серводействия и слежения. Сельсинная передача. Усилие, необходимое для перемещения инструмента относительно заготовки, может достигать в металлорежущих станках нескольких тысяч килограммов. В системах с механическим управлением усилия управления в этом случае оказываются равными рабочему усилию (например, в больших копировально-фрезерных станках).

Принцип серводействия позволяет управлять рабочими мощностями в сотни и тысячи раз большими, чем мощность управляющего сигнала.

Сельсин (рис. 39, *а*) по внешнему виду напоминает электродвигатель малых размеров с трехфазными обмотками на статоре, рас-

положенными под углом 120°, и однофазной двухполюсной обмоткой на роторе.

Сельсинная передача состоит из двух сельсинов, у которых обмотки статоров и роторов соответственно соединены между собой, и обмотки роторов подключены параллельно к источнику переменного тока. К роторам сельсинов напряжение подводится с помощью укрепленных на роторе медных колец и прижатых к ним неподвижных металлических щеток. Переменное напряжение, подведенное к обмоткам ротора, создает переменное магнитное поле, которое, пересекая обмотки статора, вызывает в них электродвижущую силу и переменный ток. При этом, если направление тока в обмотках одного сельсина сверху вниз, то в обмотках другого — снизу вверх и наоборот.

Магнитные поля, дополнительно возникающие в обоих статорах, действуют также навстречу друг другу, а магнитные поля роторов — в одинаковом направлении. Следовательно, магнитные поля ротора и статора в сельсине-приемнике имеют одинаковое направление, а в сельсине-датчике противоположное.

Если ротор датчика повернуть на определенную величину, тогда на такую же величину повернется суммарное магнитное поле статора приемника. Следовательно, сельсин-датчик работает как генератор, а сельсин-приемник — как электродвигатель.

Однако такая сельсинная передача может работать только на холостом ходу, так как при больших нагрузках возникает большая погрешность в передаче. Для обеспечения синхронного вращения роторов сельсинов при значительных моментах сопротивления применяется принцип серводействия, которым обладает сельсин-приемник дифференциального действия.

Дифференциальный сельсин (рис. 39, *б*), применяемый для целей автоматического управления, генерирует напряжение, пропорциональное разности угловых положений ведущего и ведомого звеньев передачи, которое после усиления используется для управления исполнительным двигателем. Обратная связь осуществляется путем передачи вращения от ведомого вала к ротору дифференциального сельсина.

Принцип серводействия в данном случае состоит в том, что только ничтожная доля мощности, передаваемой ведомому валу, используется для поворота ротора дифференциального сельсина.

При совпадении положений ротора датчика и ведомого вала (рассогласование равно нулю) напряжение, управляющее двигателем привода (напряжение, генерируемое в роторе дифференциального сельсина), также равно нулю.

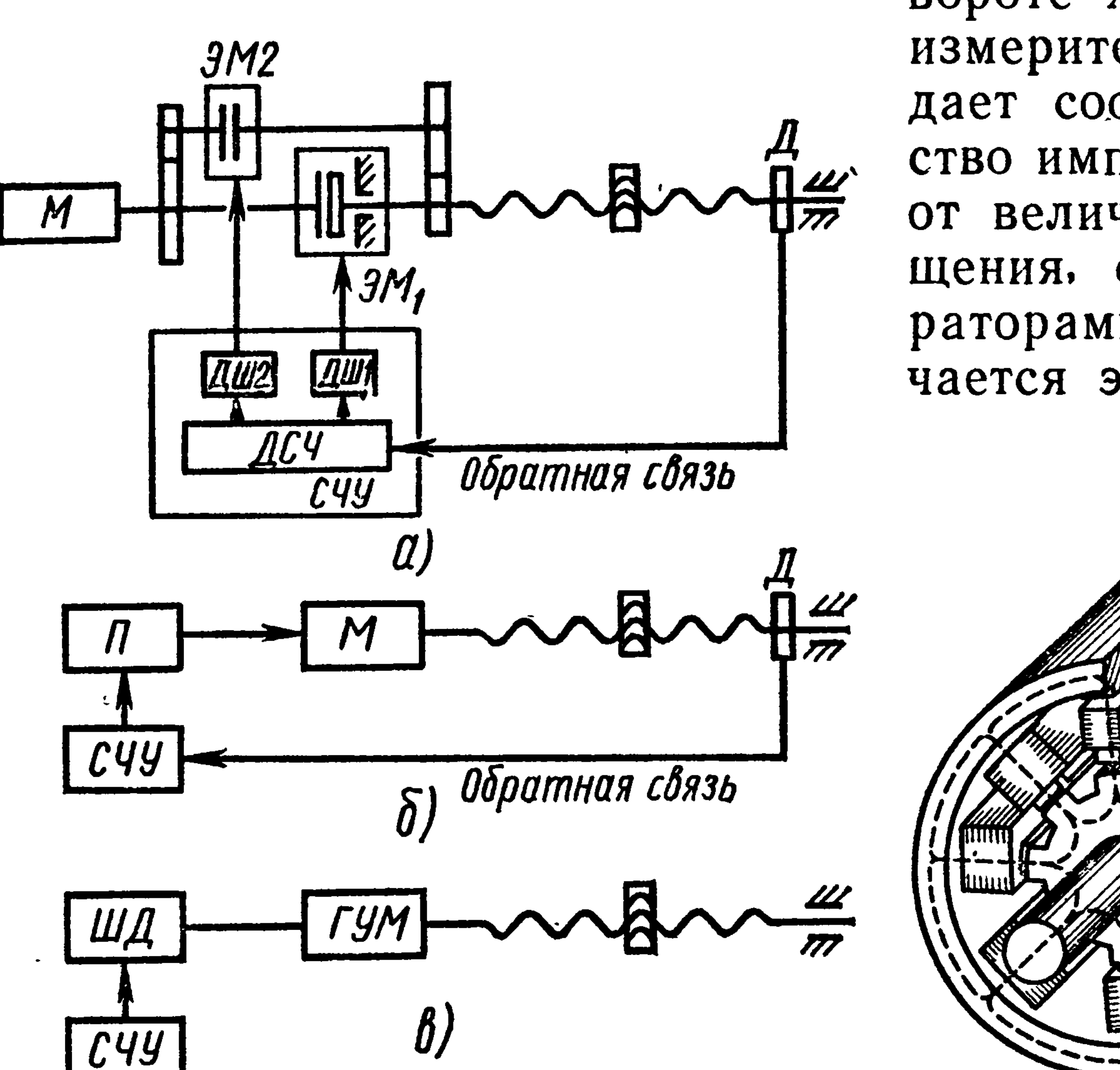
Таким образом, дифференциальная сельсинная передача работает как следящая система с обратной связью.

Сельсинные передачи применяются в системах цифрового управления фрезерными и координатно-расточными станками.

Приводы подач в станках с ЧПУ применяются трех типов: регулируемый, следящий и шаговый. Системы управления

приводом делятся на замкнутые (с обратной связью от датчика) и разомкнутые (без датчика, с шаговым двигателем).

Приводы подач со ступенчатым регулированием (рис. 40, *а*) применяются в прямоугольных и позиционных системах. Трехфазный двигатель переменного тока *М* соединен с ходовым винтом одной из координат станка через электромагнитную муфту *ЭМ2*, которая включается от системы числового управления *СЧУ*. При повороте ходового винта датчик измерительного устройства *Д* дает соответствующее количество импульсов. В зависимости от величины остатка перемещения, определяемого дешифраторами *ДШ1* и *ДШ2*, включается электромагнитная муф-



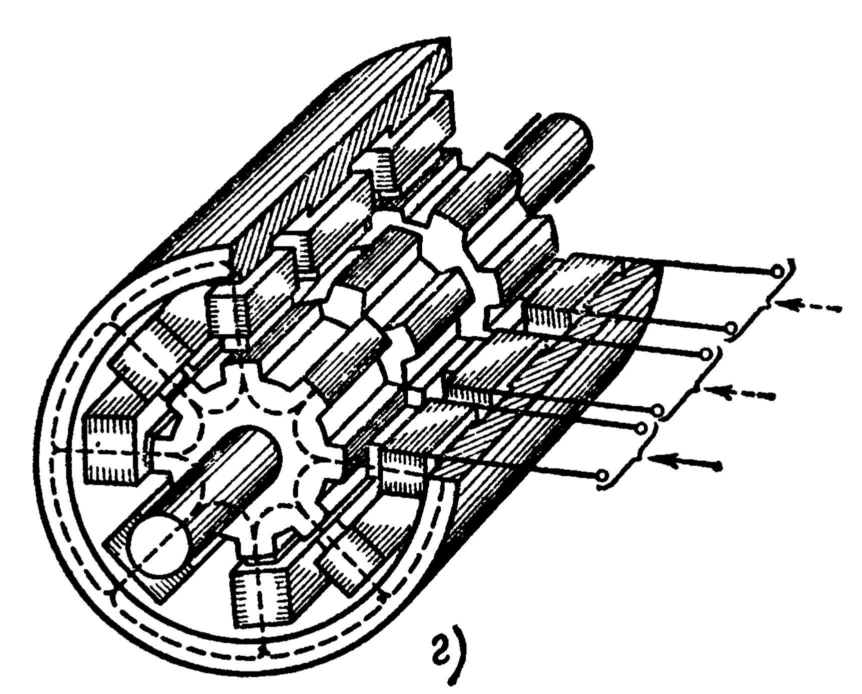


Рис. 40. Различные виды приводов подач:

а — схема ступенчатого привода, *б* — схема регулируемого и следящего привода, *в* — схема шагового привода, *г* — шаговый электрический двигатель

та быстрого хода *ЭМ2* или медленной подачи *ЭМ1*. При достижении заданного перемещения дается команда на торможение муфты *ЭМ2*, диск которой при этом прижимается к корпусу. Схема имеет двухступенчатый привод и количество сигналов, поступающих от системы числового управления, зависит от количества ступеней привода.

Бесступенчато-регулируемый привод (рис. 40, *б*) действует аналогично, но не имеет электромагнитных муфт. *СЧУ* подает сигналы мощному преобразователю *П*, который подает определенное напряжение на электродвигатель *М*, регулируя его скорость и подачу рабочего органа. При этом функция системы управления состоит в изменении направления вращения двигателя, его скорости и выдачи команды на торможение после перемещения. Привод применяется в позиционных и прямоугольных системах. Следящий привод отличается от регулируемого тем, что на двигатель подачи поступает напряжение, зависящее от заданной скорости подачи и рассогласования задаваемой *СЧУ* величиной перемещения и фак-

тически отработанного перемещения, измеренного датчиком обратной связи. Привод применяется также и в контурных (непрерывных) системах.

Современный следящий привод обеспечивает большой диапазон регулирования (до 1000), высокие скорости подачи (до 5—10 м/мин) и хорошие динамические характеристики (время разгона и торможения и величину рассогласования). Недостатком является сложность системы управления с применением мощного тиристорного преобразователя.

Электрогидравлический шаговый привод (рис. 40, *в*) применяется для привода подач станков с *ЧПУ* при небольших перемещениях исполнительных механизмов (до 1,5 м). Схема шагового привода состоит из системы числового управления *СЧУ*, шагового электродвигателя *ШД*, гидравлического усилителя моментов *ГУМ* и шарикового винта.

Гидроусилитель моментов необходим потому, что шаговые двигатели маломощны для перемещения исполнительных механизмов станка. Гидроусилитель крутящих моментов обеспечивает синхронное вращение входного и выходного валов с увеличением крутящего момента на выходе по сравнению с крутящим моментом на входе за счет использования энергии масляного потока, подводимого к усилителю. Входной вал можно вращать с определенной скоростью, а также периодически поворачивать на любой угол.

Шаговый электрический двигатель (рис. 40, *г*) имеет статор с четным числом полюсов. Ширина полюсов и промежутков между ними одинакова. По длине статора полюса разделены на три равные секции, снабженные отдельными обмотками с независимым питанием.

При этом каждая смежная пара полюсов данной секции имеет различную полярность.

Ротор шагового двигателя имеет число полюсов, равное числу полюсов статора, и также разделенные на три секции, но сдвинутые взаимно на $^1/_3$ и $^2/_3$ межполюсного расстояния.

Если последовательно подводить напряжение к обмоткам только первой, второй и третьей секций статора, тогда ротор под действием возникающего магнитного поля будет поворачиваться на $^1/_3$, $^2/_3$ и $^3/_3$ шагового расстояния, т. е. при 20 полюсах статора и ротора на 6, 12 и 18°, а при 30 полюсах — на 4, 8 и 12°; шаговое расстояние соответственно равно $\frac{360}{20 \cdot 3}$ и $\frac{360}{30 \cdot 3}$.

Если после первой обмотки статора включить не вторую, а третью обмотку, тогда ротор повернется на $^1/_3$ полюсного расстояния, но в другую сторону, т. е. заменив последовательность включения секций статора с 1, 2, 3 на 1, 3, 2, изменяем направление вращения ротора.

При большой частоте переключения полюсов (по 1 млн. шагов в минуту) ротор будет вращаться не прерывисто, а практически равномерно с определенной скоростью, зависящей от числа переключений полюсов в минуту.

Время разгона и выбега ротора невелико и измеряется долями секунды.

Электрическая схема управления шаговым двигателем состоит из кольцевого коммутатора, преобразующего последовательность входных импульсов в последовательность включения фаз шагового двигателя и мощных усилителей, питающих фазовые обмотки шагового двигателя.

Шариковый винт и устройство для предварительного натяга. В целях повышения точности перемещения рабочих органов станка с программным управлением, устранения влияния мертвого хода в системе винт — гайка и повышения точности ходового винта применяются шариковые винты (рис. 41, *а*). Винт и гайка имеют совпадающие винтовые беговые дорожки для шариков, которые заполняются стальными шариками по всей длине. Трубчатая направляющая, смонтированная на гайке, прерывает путь шариков, направляя их из винтовой дорожки по диагонали поперек наружной части гайки и обратно в беговую дорожку. Данный механизм является замкнутой системой, в которой при вращении винта и гайки происходит непрерывная циркуляция шариков, передающих силовой поток.

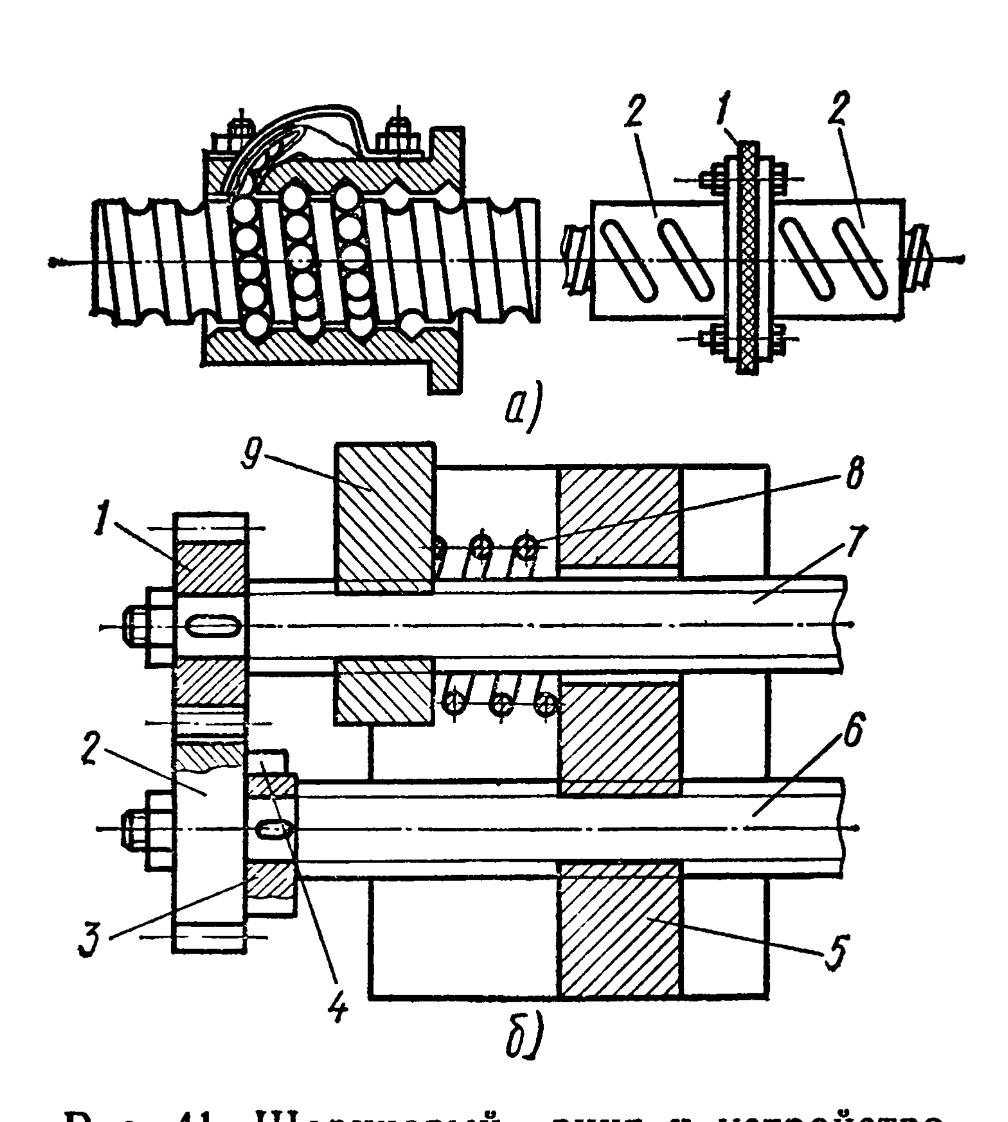


Рис. 41. Шариковый винт и устройство для предварительного натяга:

а — шариковый винт, *б* — устройство предварительного натяга в цепи привода подачи

Потери на трение в шариковых винтах снижаются и к. п. д. достигает 90%. Шариковые винты обладают свойством реверсивности, позволяющей преобразовать не только вращательное движение в поступательное, но и наоборот — поступательное во вращательное.

Имеющийся в шариковых винтах небольшой осевой люфт (до 0,1 мм) в силу допусков на изготовление шариков и канавок винта и гайки устраняется посредством устройства, состоящего из двух гаек *2*, между фланцами которых помещается промежуточная шайба *1*.

Точная регулировка величины люфта в необходимых пределах достигается подгонкой толщины шайбы.

При обработке криволинейных профилей и применении инструмента с прерывными режущими кромками изменяются величина и направление составляющих сил резания и это вызывает неравно-

мерное отжатие рабочего органа под воздействием упругих деформаций винтовой пары. Для компенсации этих деформаций применяются устройства предварительного натяга в цепи привода подачи (рис. 41, *б*), состоящего из дополнительного винта *7* с шагом резьбы, равным шагу основного винта *6*, но противоположного направления, перемещающего рабочий орган *5*, гайки *9*, имеющей только поступательное перемещение, и пружины *8*, свободно располагающейся между гайкой *9* и торцом рабочего органа.

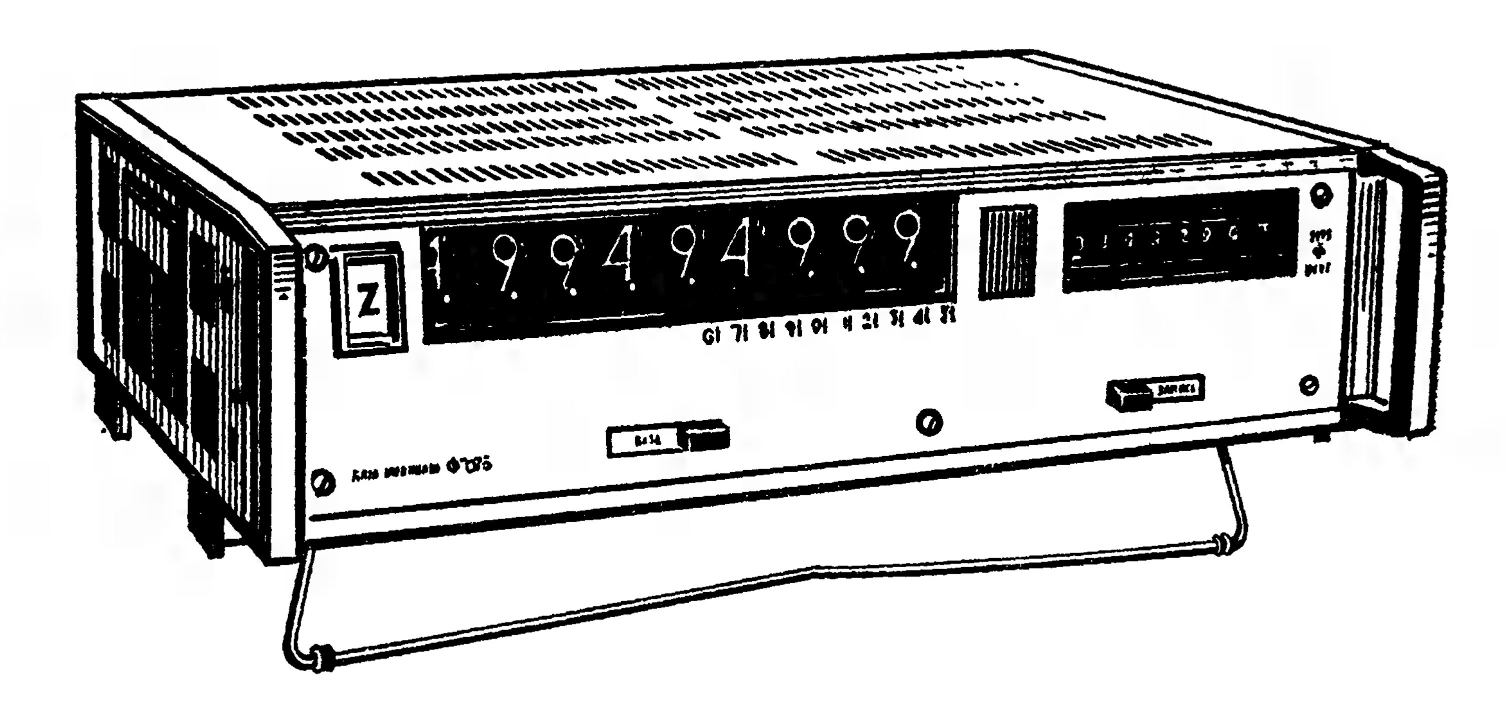


Рис. 42. Блок цифровой индикации

Винты *6* и *7* связаны зубчатыми колесами *1* и *2* через поводок *4* и поэтому гайка *9* перемещается соответственно перемещению рабочего органа.

При выборе зазора вращение винта *6* реверсируется, рабочий орган получает перемещение в обратном направлении и сжимает пружину *8*, ибо гайка *9* при этом неподвижна, так как поводок *4* разобщен с кулачком *3* и шестерня *2* не вращается. Таким образом создается натяг.

Блоки цифровой индикации Ф5073 (рис. 42) и Ф5096 перемещений рабочих органов станка предназначены для измерения и визуального отсчета в цифровой форме линейных перемещений подвижных узлов станков, предварительного набора заданных размеров и полуавтоматического вывода станка в заданную точку.

Блоки состоят из измерительного преобразователя и магнитного измерительного датчика; выполнены на микросхемах с применением унифицированных типовых конструкций; диапазон измерения блока Ф5096 — до 999,999 мм с дискретностью отсчета 0,001 мм; наибольшая скорость контролируемых перемещений 15 м/мин.

Отсчет показаний блока производится по индикаторному табло, состоящему из символа контролируемой координаты, одной знаковой и шести цифровых газоразрядных индикаторных ламп. Питание блока осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

Блок допускает непрерывную работу не менее 16 ч с последующим перерывом на 1 ч и обеспечивает цифровую индикацию вели-

чины контролируемого перемещения в десятичной системе счисления (блок Ф5096 — в пределах шести разрядов, блок Ф5073 — восьми разрядов), индикацию знака координаты контролируемого перемещения по отношению к установленному началу отсчета, сброс на нуль показаний на индикаторном табло, индикацию удвоенного значения перемещения в режиме измерения диаметра, режим точного позиционирования с выдачей пяти команд на снижение скорости при подходе к заданному положению (с дискретностью регулирования 0,1; 0,01; 0,001 мм), режим грубого позиционирования с выдачей одной команды (с дискретностью регулирования 0,1 мм), сигнализацию совпадения заданной и текущей координат в пределах пятой ступени снижения скорости, введение коррекции текущей координаты, вывод результатов измерения на внешние устройства в двоично-десятичном коде, выдачу релейных команд (нагрузка не более 30 В; 0,2 А) для управления приводом металлорежущего станка и другие команды.

Основные виды систем с ЧПУ: по закону управления — позиционные (координатные), контурные (непрерывные) и комбинированные (универсальные); по типу интерполяции в контурных системах — линейные, линейно-круговые, параболические и т. п.; по типу управляемого системой привода — разомкнутого (шагового) или замкнутого (следящего); по типу датчика обратной связи в следящих приводах — импульсная, фазовая (аналоговая) и кодовая; по методу задания координат — системы абсолютного и относительного отсчета. Первые применяют при позиционной обработке. При этом задают абсолютные величины координат позиционирования относительно какой-либо точки станка (при жестком нуле системы) или детали (при плавающем нуле системы). Метод относительного отсчета применяется при контурной обработке, когда задают приращения координат с их знаком. По методу абсолютного отсчета система автоматически определяет направление перемещения: по методу управления станками различают системы непосредственного управления (со встроенными интерполяторами) и системы с промежуточными программоносителями в виде магнитной ленты; по способу реализации алгоритмов устройства ЧПУ — агрегатно-блочные (NC) и с мини ЭВМ (CNC). Агрегатно-блочное построение предусматривает использование функционально и конструктивно законченных узлов с заданными функциональными возможностями (с жесткой структурой). В устройствах с мини и микро ЭВМ все функции логики выполняются в процессере путем соответствующего программирования. При этом количество различных блоков резко уменьшается и остаются только блоки связи с приводами, имеющимися на станке, пульт управления и индикации, вид которого меняется в зависимости от назначения устройства ЧПУ.

Параметры, характеризующие вид системы ЧПУ: дискретность перемещения, скоростей, коррекции; количество управляемых приводов подач; количество дискретных исполнительных элементов и дискретных сигналов обратных связей и др.

В последние годы появились системы ЧПУ: SPNC и SNC с хранением памяти на магнитных сердечниках; DNC прямого числового управления от ЭВМ; HNC — на основе микропроцессоров, больших интегральных схем, позволяющих осуществлять контурные и позиционные режимы обработки от программы, вручную вводимой в память устройства с возможностью последующего многократного воспроизведения.

При обозначении моделей станков с ЧПУ, изготовляемых серийно, сохранена система обозначений (шифров), принятых для станков обычных моделей, к которой добавляется шифр, применяемый в станке системы ЧПУ. При обозначении моделей специализированных станков с ЧПУ применяют буквенные индексы, выявляющие основные признаки станка, с добавлением порядкового номера разработанной модели. Например, фрезерному станку с программным управлением 7-й по счету разработанной модели присвоен шифр ФП-7, а после модернизации он получил обозначение ФП-7М.

Нормы точности, жесткости, условия эксплуатации, автоматизации управления, техники безопасности являются общими для универсальных и специализированных станков с ЧПУ.

Шифры устройств ЧПУ: системы — позиционная (П), контурная (Н), универсальная (У); параметры устройств — количество управляемых координат (первая цифра после буквенного обозначения), вид привода подач — шаговый (1), следящий (2). Например, станок СМ630Ф45, где СМ — специализированный многооперационный станок, 630 — диаметр круглого стола, Ф — признак станка с ЧПУ, 4 — тип системы, 5 — количество управляемых координат.

Техническая характеристика современных моделей горизонтально-расточных и координатно-расточных станков с программным управлением. Горизонтально-расточные станки с программным управлением выпускают в соответствии с установленной классификацией: нормальной точности (Н) и повышенной точности (П).

В зависимости от степени автоматизации станка с ЧПУ выпускают с цифровой индикацией и предварительным набором координат (Ф1), позиционными и прямоугольными системами (Ф2), с контурными схемами (Ф3), с универсальными системами для позиционной и контурной обработки (Ф4), с автоматической сменой инструмента и ручной сменой инструмента.

Станок модели МА2612Ф2 имеет диаметр шпинделя 65 мм, размер стола 630×800 мм, ход шпинделя 40 мм и предназначен для обработки с четырех сторон небольших и средних корпусных деталей массой до 800 кг посредством растачивания, сверления, зенкерования, развертывания, нарезания резьбы метчиками, подрезания торцов пластинчатыми резцами и фрезерования по прямоугольному контуру. Программоноситель—пятидорожечная перфолента. Магазин, вмещающий до 100 инструментов, позволяет выполнять обработку сложных изделий за одну установку.

Станок может работать в автоматическом режиме с управлени-

ем от перфоленты и в режиме ручного управления как с предварительным набором координатных перемещений, так и без него.

Программируются перемещения по четырем координатным осям: поперечное — стола, вертикальное — шпиндельной бабки, продольное — шпинделя и стойки. Поворот стола осуществляется вручную во время запрограммированного цикла. Возможно внесение коррекции на длину инструмента и изменение режима резания во всем диапазоне.

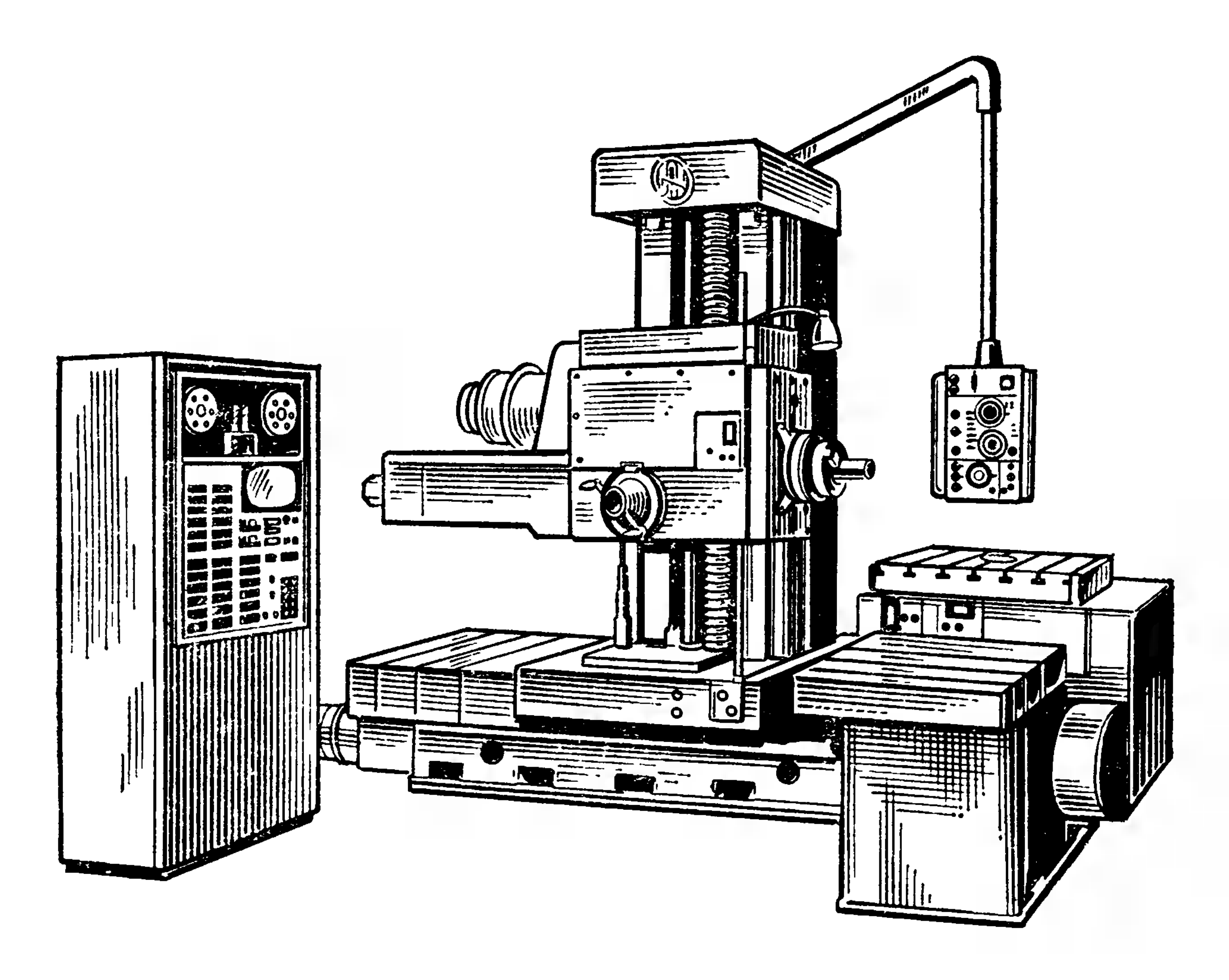


Рис. 43. Горизонтально-расточный станок с числовым программным управлением модели 2611Ф2

Точность установки координат в автоматическом режиме 0,02 мм, овальность и конусность (на длине 200 мм) отверстий после чистовой обработки 0,008 мм.

Производительность обработки изделий на данном станке выше, чем на обычных горизонтально-расточных станках, в 2—3 раза.

Станок снабжается набором инструмента, оправками с микрометрической подачей резца для отверстий диаметром 16—125 мм, универсальным резцедержателем с радиальной подачей, оправками для торцовых фрез, цанговым патроном с комплектом цанг, центроискателем индикаторным и резьбонарезным патроном.

Станок модели 2611Ф2 (рис. 43) имеет диаметр шпинделя 80 мм, размер стола 800×900 мм, ход шпинделя 500 мм и предназначен для обработки по четырем координатам крупных деталей массой до 2000 кг. На станке можно производить те же операции, что и на станке модели МА2612Ф2, и, кроме того, подрезание торцов и прорезку канавок при ручном управлении с использованием универсальной расточной головки, а также круговое фрезерование поворотом стола с использованием угловой фрезер-

ной головки. Наличие поворотного стола с установкой на углы, кратные 90° с точностью 3 угл. с, позволяет обрабатывать соосные отверстия консольными инструментами с поворотом стола.

Точность обеспечивается шпиндельной системой, выполненной на прецизионных двухрядных роликовых подшипниках, закаленных комбинированных направляющих скольжения и качения с антифрикционными накладками и опорами качения на боковых гранях.

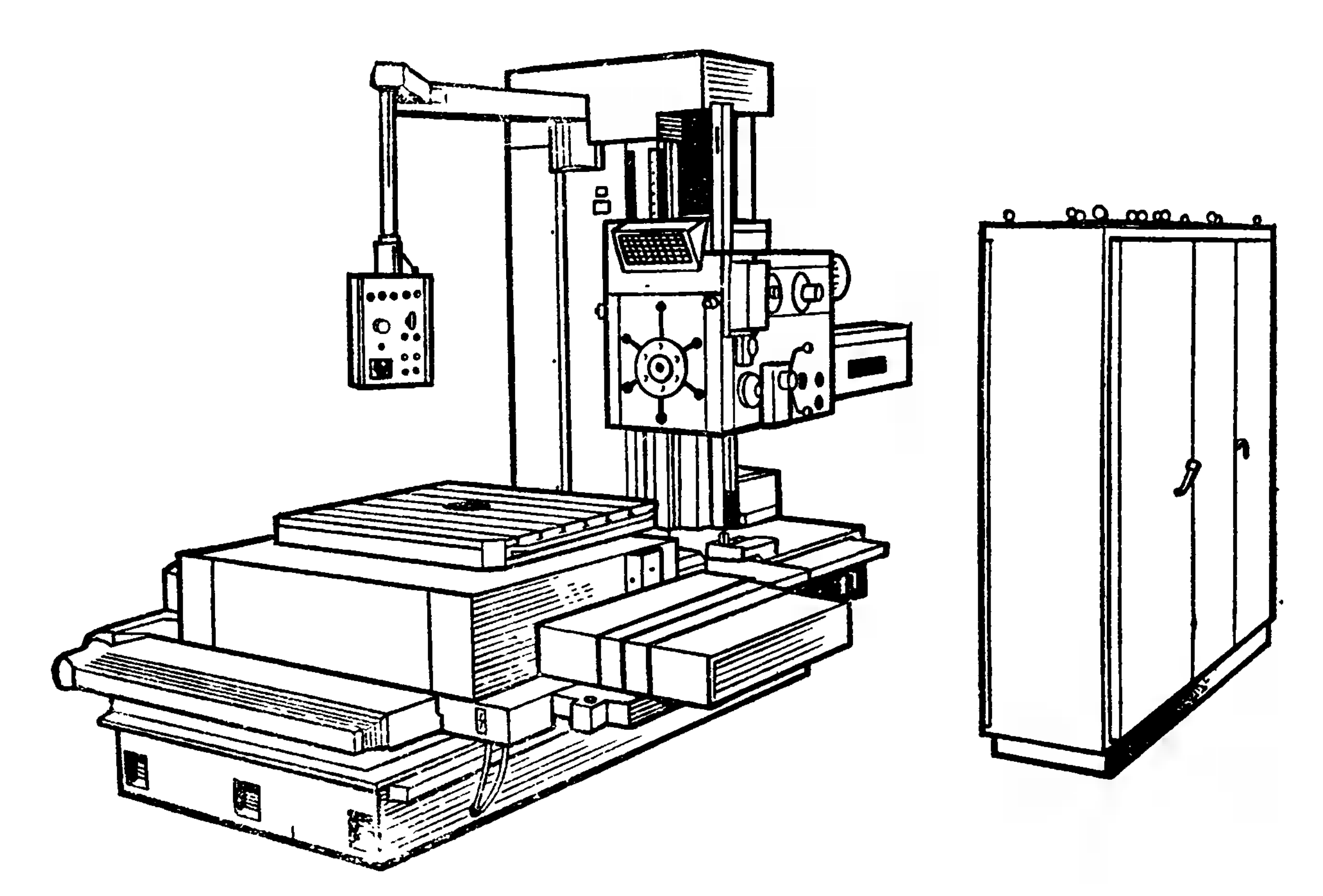


Рис. 44. Горизонтально-расточные станки с числовым программным управлением модели 2А620Ф2 и 2А622Ф2

В станке применены автоматическая смазка направляющих и механизмов, телескопическая защита направляющих, тиристорные преобразователи для привода подач двигателей постоянного тока, шариковые винтовые пары с предварительным натягом, автоматические зажимы подвижных узлов и механизированный зажим инструментов в шпинделе.

Станок обеспечивает овальность отверстий и конусность (на длине 300 мм) 0,012 мм, параллельность отверстий 0,02 мм на длине 300 мм, погрешность координатных перемещений 0,045 мм на длине 800 мм, шероховатость обработки 7-го класса. Станок оснащается расточной универсальной головкой, угловой фрезерной головкой, инструментальной секцией для раскладки инструмента при обработке по программе, съемной планшайбой и инструментальным шкафом.

Станки моделей 2А620Ф2 и 2А622Ф2 (рис. 44) имеют диаметр шпинделя 90 и 110 мм соответственно, размеры стола 1120×1250 мм, ход шпинделя 710 мм, шпиндельной бабки и стола 1000 мм и предназначены для консольной обработки крупных корпусных деталей массой до 4000 кг. Выполняемые операции те же, что и на станке 2611Ф2. Программоноситель — восьмидорожечная перфолента.

Станки модели 2А620Ф2 с нормальным выдвижным шпинделем и радиальным суппортом на встроенной планшайбе отличаются

большей универсальностью. Станки модели 2А622Ф2 с усиленным выдвижным шпинделем и неподвижной плитой на торцовой стенке шпиндельной бабки имеют повышенную жесткость и виброустойчивость шпиндельной системы и применяются для высокопроизводительной консольной обработки. С помощью съемной планшайбы можно обрабатывать торцовые поверхности и растачивать большие отверстия при ручном управлении.

Точность установки координат 0,025 мм, поворота стола 3 угл. с. Скорость быстрого хода 1000 мм/мин. Дискретность перемещений 0,01 мм. Число координат 4 с одновременным перемещением по трем координатам. Точность позиционирования ±0,02 мм. Точность обработки отверстий соответствует 5—6 квалитетам.

Горизонтально-расточный станок модели 2А620Ф2-1 с неподвижной переносной стойкой, крестовым поворотным столом, планшайбой, оснащенной радиальным суппортом и ЧПУ, имеет размеры стола 1120×1250 мм, диаметр шпинделя 90 мм, частоту вращения шпинделя 10—1600 об/мин, частоту вращения планшайбы 6,3—160 об/мин, подачу бабки 1,25—1250 мм/мин, скорость быстрого хода 5000 мм/мин, мощность 10 кВт, массу 18 т, дискретность цифровой индикации 0,01 мм, число координат $^3/_2$, точность позиционирования ±0,04 мм, точность обработки отверстий соответствует 6—7 квалитетам.

Станок модели 2А622Ф4 предназначен для работы с автоматической сменой инструмента и оснащен магазином цепного типа, вмещающим до 100 инструментов. На станке используется управляющее устройство, обеспечивающее перемещение по пяти координатам (в том числе по двум одновременно). Программируется также частота вращения шпинделя, перемещение подвижных узлов, автоматическая смена инструментов.

Концентрация различных видов обработки на одном рабочем месте, высокая степень автоматизации, малое вспомогательное время и применение предварительно настроенных на размер инструментов с автоматической сменой позволяют повысить производительность обработки в 3—4 раза по сравнению с универсальными станками обычного типа при одновременном повышении качества обрабатываемых изделий.

Горизонтально-расточный станок модели 2623ПФ4 с продольно-подвижной стойкой, поперечно-подвижным поворотным столом с размерами 1120×1250 мм, диаметром шпинделя 110 мм, повышенной точности и ЧПУ имеет частоту вращения шпинделя 5—1250 об/мин, продольную подачу шпинделя 2—1600 мм/мин, скорость быстрых перемещений 8000 мм/мин, мощность 15 кВт, массу 23,5 т, число программируемых координат $^5/_2$, точность позиционирования ±0,002 мм, точность обработки отверстий соответствует 6—7 квалитетам.

Станок модели 265ПМФ2 имеет диаметр шпинделя 160 мм, размер стола 1600×1800 мм и предназначен для растачивания, фрезерования, обтачивания торцов, сверления и нарезания резьбы по заданной программе, выполняемой позиционным прямоуголь-

ным устройством модели П527. Станок оборудован продольно-подвижной стойкой, поперечно-подвижным поворотным столом и съемной планшайбой с радиальным суппортом. Класс точности станка — П. Станок снабжен инструментальным магазином на 50 инструментов, обеспечивает перемещение по пяти координатам (в том числе по двум—одновременно), ход шпинделя 800 мм, стойки 1600 мм, планшайбы стола 700 мм.

Горизонтально-расточный станок модели 2Г660Ф2 с поперечно-подвижной стойкой, выдвижной шпиндельной бабкой, стендовой плитой и ЧПУ имеет частоту вращения шпинделя 1—500 об/мин, подачу шпинделя 5—152 мм/мин, диаметр шпинделя 220 мм, ход стойки 3000—24000 мм, дискретность 0,01 мм, точность позиционирования ±0,04 мм, мощность двигателя 55/75 кВт, массу 122 т, точность обработки отверстий соответствует 6—7 квалитетам.

Станок модели 2А680Ф2 имеет диаметр шпинделя 320 мм, размеры стола 5000×8100 мм и предназначен для сверления, зенкерования, растачивания, фрезерования и нарезания резьбы по заданной программе, выполняемой позиционно-прямоугольным устройством П526. Станок имеет крестовое перемещение стоек 6000×800 мм, перемещение планшайбы 600 мм, шпиндельной бабки 5000 мм, ход шпинделя 2500 мм.

Координатно-расточный станок с программным управлением модели 243ВФ2 предназначен для обработки отверстий в деталях массой до 150 кг, к размерам, геометрической форме и взаимному расположению которых предъявляются требования высокой точности. Кроме этого, на нем можно производить получистовое и чистовое фрезерование, разметочные и измерительные операции. На станке программируется координатное перемещение стола, скорости этих перемещений и фиксация стола в заданной координате.

Управление циклом перемещения гильзы осуществляется многопозиционным барабаном с регулируемыми упорами, закрепленными на шпиндельной головке.

В целях сокращения вспомогательного времени и облегчения труда станочника на станке механизированы перемещения шпиндельной головки, зажим и отжим инструмента в шпинделе и автоматизированы зажимы всех подвижных органов по окончании перемещения, а также изменение режимов резания. Высокая стабильность установки стола достигается выбором зазоров в направляющих и использования жестких кинематических цепей привода стола. Точность установки координат 0,012 мм, расстояний между осями обрабатываемых отверстий 0,016 мм, геометрической формы отверстий: некруглость 0,003, постоянство диаметра 0,01 мм (в поперечном сечении) и 0,006 мм (в продольном сечении), плоскостность 0,008 мм, цена импульса 0,001 мм.

Станок модели 243ВФ4 имеет такие же основные данные и точностные параметры, что и станок 243ВФ2. На станке программируются: координатное перемещение стола, шпиндельной головки и гильзы, скорость этих перемещений, скорость вращения

шпинделя, смена инструмента, зажимы подвижных органов, коррекция инструмента, циклы обработки. Регулирование скоростей шпинделя и подач шпинделя и стола осуществляется в процессе обработки поверхности детали с помощью механического вариатора главного привода и привода подач с электродвигателем постоянного тока и широкоимпульсного преобразователя. Электроиндуктивная система отсчета координат стола обеспечивает высокую точность и стабильность позиционирования. Программоноситель — восьмидорожечная перфолента. Производительность станка в 3—4 раза выше производительности универсальных станков.

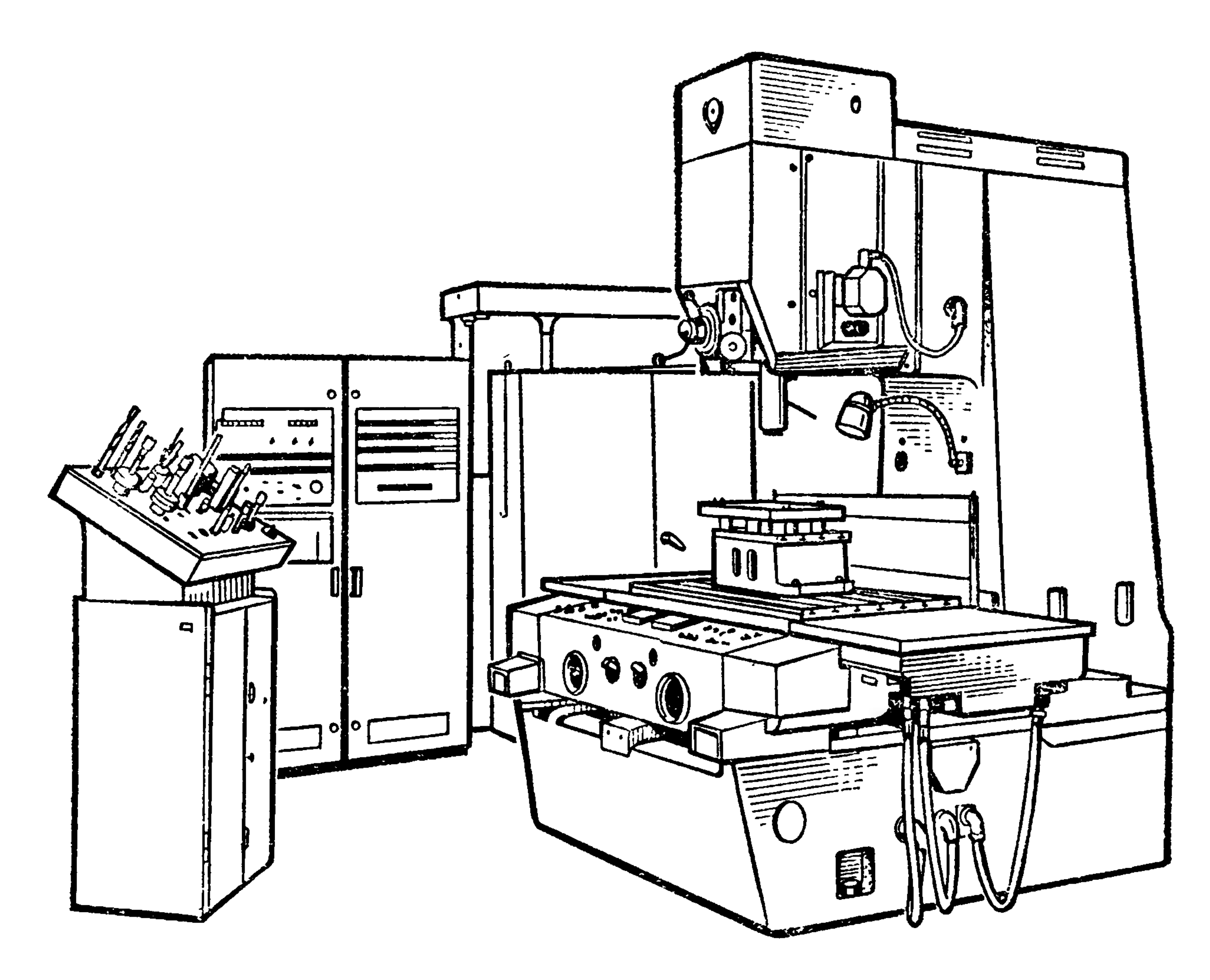


Рис. 45. Координатно-расточный станок с числовым программным управлением модели 2Д450АФ2

Станок модели 2Д450АФ2 (рис. 45) имеет размеры стола 630×1120 мм, наибольшее перемещение стола 630×1000 мм, гильзы шпинделя 270 мм,шпиндельной коробки 330 мм и наибольшая масса обрабатываемой детали 60 кг. Программоноситель — восьмидорожечная перфокарта для обработки до 96 отверстий. В станке применены направляющие качения, оптические экранные отсчетные устройства, регулируемые электроприводы главного движения и перемещения узлов. Программируются параметры: координаты x и y, скорости и подачи шпинделя, номер инструмента, операции. Возможные режимы работы: автоматический, с преднабором координат, вручную, как на обычном станке.

Частота вращения шпинделя 32—2000 об/мин, подача шпинделя 20—400 мм/мин, ускоренный ход 2200 мм/мин, количество управляемых координат $^3/_2$, мощность двигателя 2,2 кВт, масса станка 8,5 т, точность обработки отверстий соответствует 5—6 квалитетам.

Точность установки координат в автоматическом цикле 0,008 мм, формы отверстия 0,005 мм. Цена импульса 0,001 мм. Шероховатость обработки 6—9-го класса. Станок оснащен поворотными длительными столами: простым и универсальным, борштангами, универсальным резцедержателем, резцедержателем с точной подачей и инструментом.

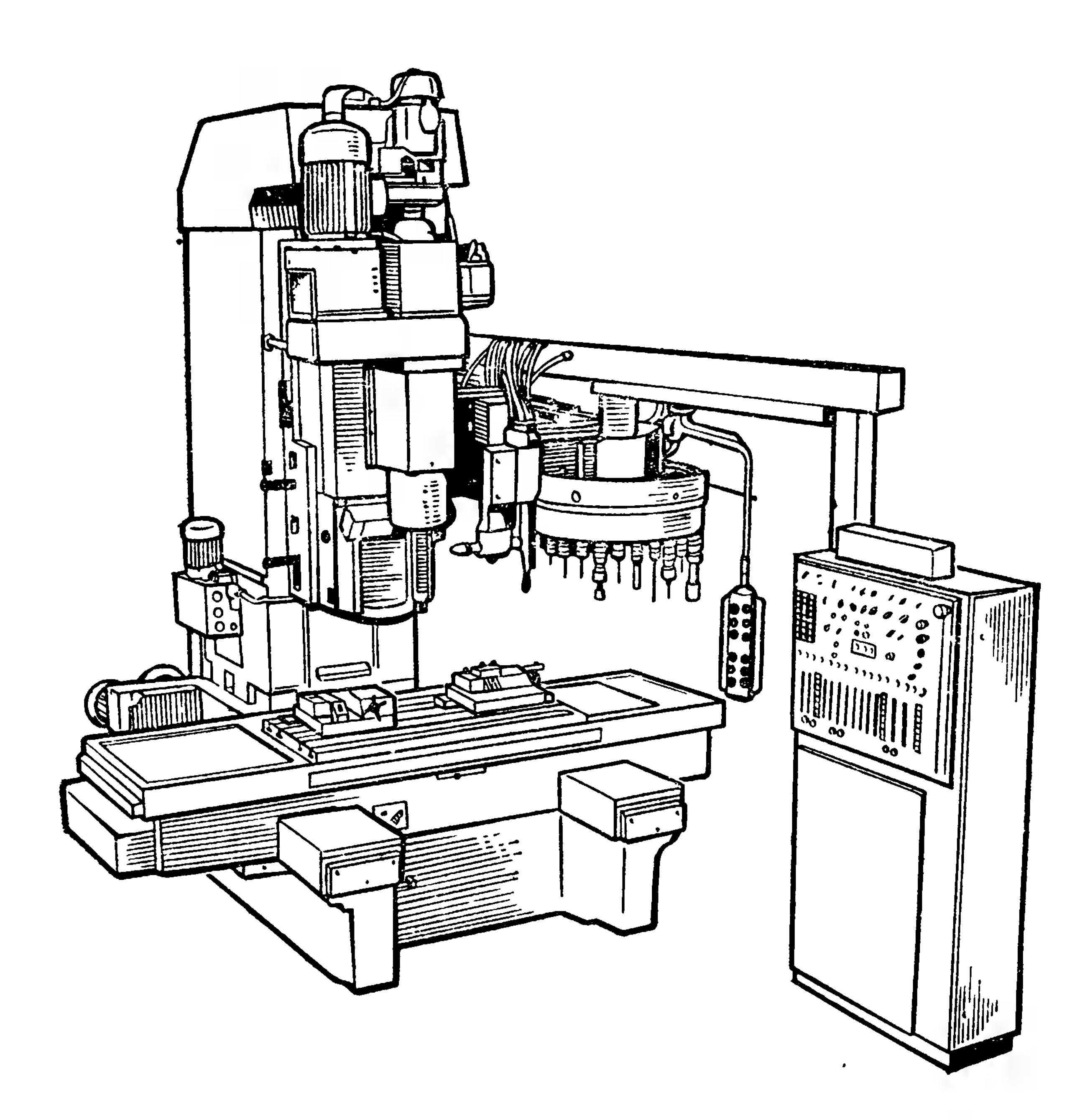


Рис. 46. Специальный агрегатный сверлильно-резьбонарезной станок с числовым программным управлением модели СМ-213

Станок модели 2Д450АФ2 заменяется на модель 2Д450АМФ4. Станок имеет размеры стола 630×1000 мм, частоту вращения шпинделя 10—2000 об/мин, подачу шпинделя 0,4—5000 мм/мин, мощность двигателя 7,5 кВт, скорость быстрых перемещений 7000 мм/мин, количество управляемых координат $^3/_2$, точность установки координат в автоматическом цикле 0,005 мм, массу 10,5 т.

Специальный агрегатный вертикальный сверлильно-резьбонарезной станок с ЧПУ модели СМ-213 (рис. 46) с координатно-крестовым столом и автоматической сменой инструмента предназначен для обработки плоских деталей типа плит, планок, панелей и подобных им изделий без применения кондукторной оснастки.

На станке выполняются операции: сверление, зенкерование, развертывание, цекование и резьбонарезание.

Станок оснащен трехкоординатной системой числового программ-

ного управления с дискретностью отсчета 0,1 мм и точностью установки подвижных узлов ±0,05 мм.

Станок может работать в полуавтоматическом и автоматическом режимах по программе, записанной на пятидорожечной перфоленте, а также в режиме предварительного набора координат, когда вся информация задается декадными переключателями на центральном пульте.

Крестовый стол перемещается по гидростатическим направляющим от ходовых винтов. В станке имеется устройство, которое обеспечивает автоматическое переключение шпиндельной бабки с ускоренного перемещения на подачу, осуществляемое при касании инструмента поверхности обрабатываемой детали. Это исключает необходимость предварительной настройки инструментов и программирования величин ускоренных перемещений.

Система кодирования инструмента с помощью кодовых колец на инструментальных оправках, которая позволяет располагать инструмент в инструментальном магазине в любом порядке и исключает необходимость программирования режимов резания, так как заданные для данного инструмента режимы резания автоматически передаются шпиндельной бабке при прочтении кода инструмента на оправках.

Эти качества станка значительно сокращают объем программирования, уменьшают вспомогательное время и поэтому станок весьма эффективен при обработке деталей мелких серий.

Наибольший диаметр сверления в стали 50 мм, размеры детали 1250×750×320 мм, масса детали 1500 кг, емкость инструментального магазина 30 шт., наибольшее количество закодированных инструментов 199, масса станка 16 300 кг.

§ 9. Многооперационные фрезерно-сверлильно-расточные станки с ЧПУ и автоматической сменой инструмента

Станки, получившие название «обрабатывающие центры», предназначены для серийного и мелкосерийного производства, быстро переналаживаются и рассчитаны на обработку деталей из чугуна, стали, легких цветных сплавов. Обрабатывающие инструменты (до 400 шт.) помещают в специальные магазины, автоматически заменяются и закрепляются в рабочем шпинделе станка.

На специальных агрегатных сверлильно-расточных станках экономия времени достигается за счет одновременной обработки деталей с нескольких сторон многими инструментами (концентрация обработки). На универсальных горизонтально-расточных станках стремятся увеличить число операций, последовательно выполняемых за одну установку детали. При этом автоматизация последовательного ряда операций, выполняемых на одном станке за одну установку, обеспечивает значительное сокращение вспомогательного времени, тем большее, чем больше выполняется операций (интеграция обработки). На многооперационных фрезерно-свер-

лильно-расточных станках достигается значительное сокращение вспомогательного времени за счет автоматизации средствами программного управления: установки координат всех элементов цикла, смены инструментов, кантования и смены заготовки, изменения режимов резания, автоматизации или исключения контрольных операций и высоких скоростей холостых перемещений. При этом за счет большого числа операций повышается эффективность программного управления, повышается производительность труда в 4—10 раз по сравнению с универсальными горизонтально-расточными станками, высокая точность обработки, быстрота переналадки на другое изделие, что и определяет высокую технико-экономическую эффективность применения «обрабатывающих центров».

Особенности конструкции многооперационных станков. Это в основном одношпиндельные станки или с револьверными шпиндельными головками, работающими поочередно. Шпиндель может реверсироваться (при резьбонарезании) и автоматически фиксироваться в определенном угловом положении (при автоматической смене инструментов и некоторых расточных операциях).

Автоматическая смена инструментов осуществляется посредством индексирования револьверной шпиндельной головки или разгрузки и загрузки шпинделя оправками с инструментами из магазинов с помощью автооператоров.

Автоматическое изменение режима обработки при смене инструментов обеспечивается приводами станков.

Поворот детали на требуемый угол относительно шпинделя с инструментом и фиксация угла поворота выполняются посредством прецизионных поворотных столов и программного управления.

На этих станках детали устанавливают вручную, но время смены заготовок совмещается с временем работы станка за счет дополнительных загрузочных позиций и специальных автоматических устройств для смены приспособлений-спутников, маятниковых и поворотных столов и др.

Все шире применяется агрегатирование узлов многооперационных станков. Повышение точности перемещений узлов станка и размеров обработки деталей достигается благодаря использованию безлюфтовых зубчатых передач и шариковых ходовых винтов с приводами от гидродвигателей. Точность станков — П и В классов, так как они применяются для выполнения предварительных и финишных операций.

Привод вращения шпинделя осуществляется от двигателей постоянного тока с тиристорными приводами или от гидродвигателей со ступенчатым или бесступенчатым регулированием.

Привод подач осуществляется от электродвигателя постоянного тока с бесступенчатым регулированием подач через зубчатый редуктор, соединенный с парой винт — гайка качения. Скорость быстрого перемещения рабочих органов 3—10 м/мин. В крупных станках вместо редуктора применяют двухступенчатые коробки скоростей с электромагнитными муфтами. В приводах подач применяют также силовые шаговые двигатели и гидроприводы,

обеспечивающие плавное перемещение рабочих органов с диапазоном регулирования скоростей 1 : 15 000.

Механизмы автоматической смены инструментов (рис. 47) выполняются в виде поворотных револьверных головок, магазинов шпиндельных гильз (15—20 гильз) или со сменой инструментов в одном шпинделе станка (инструментальный магазин).

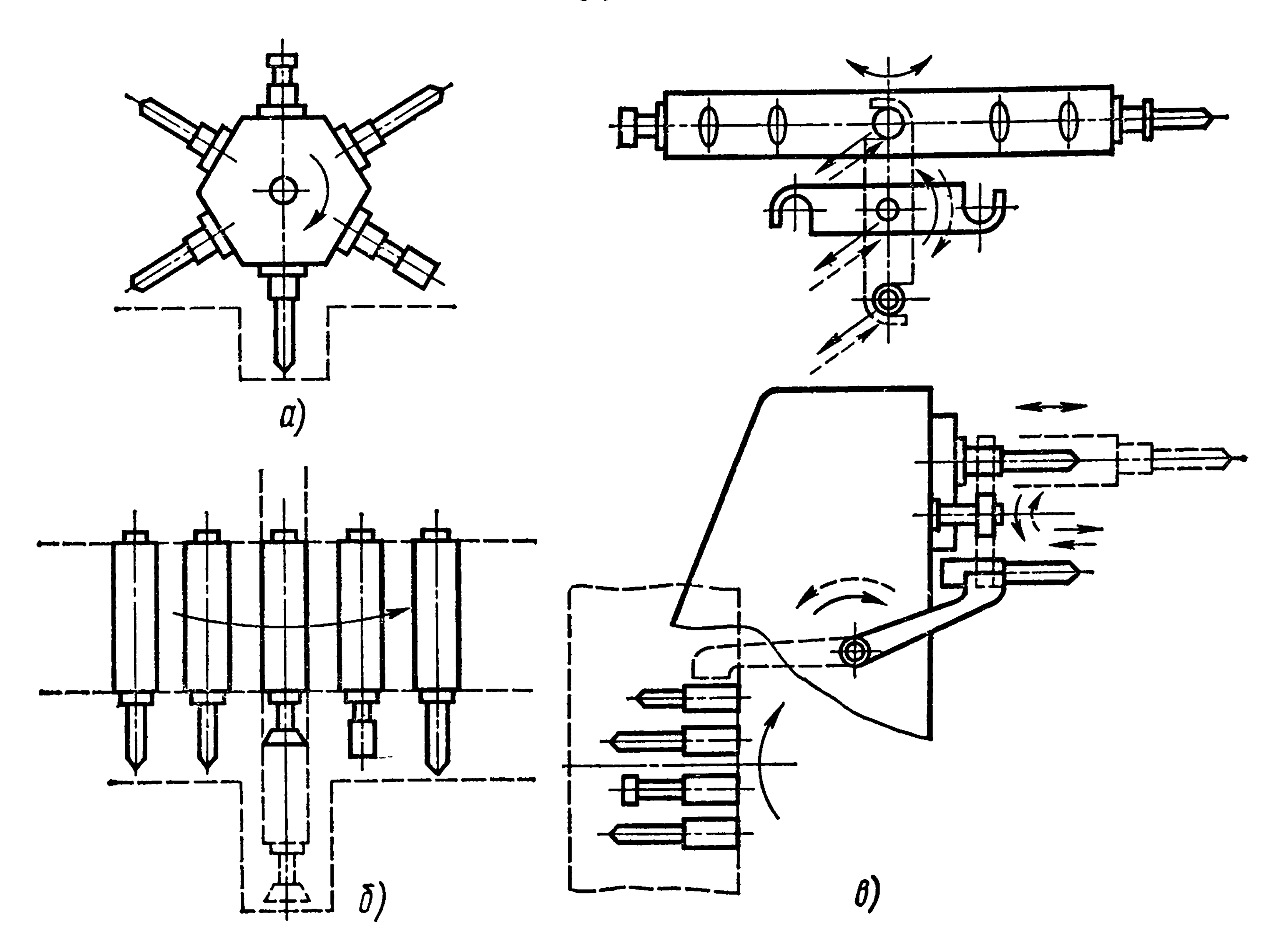


Рис. 47. Механизмы автоматической смены инструментов:
а — револьверная шпиндельная головка, *б* — магазин шпиндельных гильз, *в* — инструментальный магазин

Магазины шпиндельных гильз выполняют барабанного или линейного типа. Гильзы поочередно устанавливаются в рабочее положение, и при этом шпиндель соединяется с приводом главного движения, а гильза — с приводом подач.

Многооперационные станки со сменой инструмента в одном шпинделе имеют инструментальный магазин, загрузочное устройство для переноса инструментов из магазина в шпиндель и обратно и транспортное устройство для передачи инструмента к загрузочному устройству. Магазины чаще устанавливают на шпиндельной головке, колонне и за пределами станка. Емкость магазина зависит от технологического процесса обработки детали и размеров инструментов (оптимальная емкость около 30 инструментов). Магазины выполняют стационарными многорядными, поворотными дисковыми или барабанными, цепными с вертикальными, горизонтальными или наклонными осями.

Инструментодержатели помещают в магазине в порядке при-

меняемости по технологическому процессу, и при смене инструмента магазин перемещается на один шаг. Применяется также метод кодирования инструмента или гнезда магазина, при котором инструменты размещаются в любых гнездах и во время движения барабана или цепи магазина последний останавливается в требуемой позиции, когда оправки с кодовыми кольцами нажимают на конечные выключатели.

Автооператоры для перемещения инструмента из магазина в шпиндель и обратно бывают одно- и двухзахватные. Однозахватные захватывают инструмент и вытаскивают его из шпинделя, затем поворачивают и вставляют инструмент в свободную ячейку магазина. Магазин поворачивается и подает следующий инструмент в зону захвата. Теперь автооператор подает инструмент в обратном порядке — из магазина в шпиндель. Двухзахватный манипулятор одновременно захватывает использованный инструмент из шпинделя и необходимый инструмент для следующей операции — из магазина. После поворота автооператор меняет инструмент местами. При этом время замены инструментов значительно уменьшается.

Многооперационные станки оборудуются позиционными или контурными системами числового программного управления перемещения узлов станка по координатам, сменой инструментов и заготовок, поворотами стола с обрабатываемой деталью и автоматическим изменением частоты вращения шпинделя и подачи, а также выполнения вспомогательных команд для установки шпинделя в определенное положение при смене инструмента, включения и отключения смазочно-охлаждающей жидкости, реверсирования шпинделя при резьбонарезании и фиксации угла после позиционирования. Как правило, станки имеют два считывающих устройства для сокращения времени перемотки и ускорения переналадки на другое изделие, цифровую индикацию положения узлов и различные формы адаптивного управления.

Горизонтальный фрезерно-сверлильно-расточный многооперационный станок с ЧПУ модели 6904ВМФ2 (рис.48) предназначен для комплексной обработки корпусных деталей средних размеров с четырех сторон без переустановок: получистового и чистового фрезерования плоских поверхностей и контура концевыми, торцовыми и дисковыми фрезами, сверления, зенкерования, развертывания отверстий и нарезания резьбы метчиками. Класс точности станка В. Точность растачиваемых отверстий соответствует 6—7 квалитетам.

Техническая характеристика станка. Размеры рабочей поверхности стола 400×500 мм, число инструментов в магазине — 30; число ступеней частот вращения шпинделя — 19; число ступеней подач — 31; пределы рабочих подач по осям координат x, y, z — 3,15—2500 об/мин, вокруг оси β — $3{,}15\cdot10^{-3}$—2,5 об/мин; скорость быстрого перемещения по осям координат x, y, z — 4000 мм/мин, вокруг оси β — 5 об/мин; габаритные размеры станка 2650×1950××2070 мм.

Устройство ЧПУ — позиционно-прямоугольное. Координатные перемещения стола и шпиндельной головки, величина подач и частота вращения шпинделя, смена инструмента, коррекция инструмента, циклы обработки программируются на перфоленте. Сложные криволинейные поверхности можно фрезеровать по трем программируемым координатам (из четырех). Индуктивная отсчетно-измерительная система обеспечивает точность позиционирования

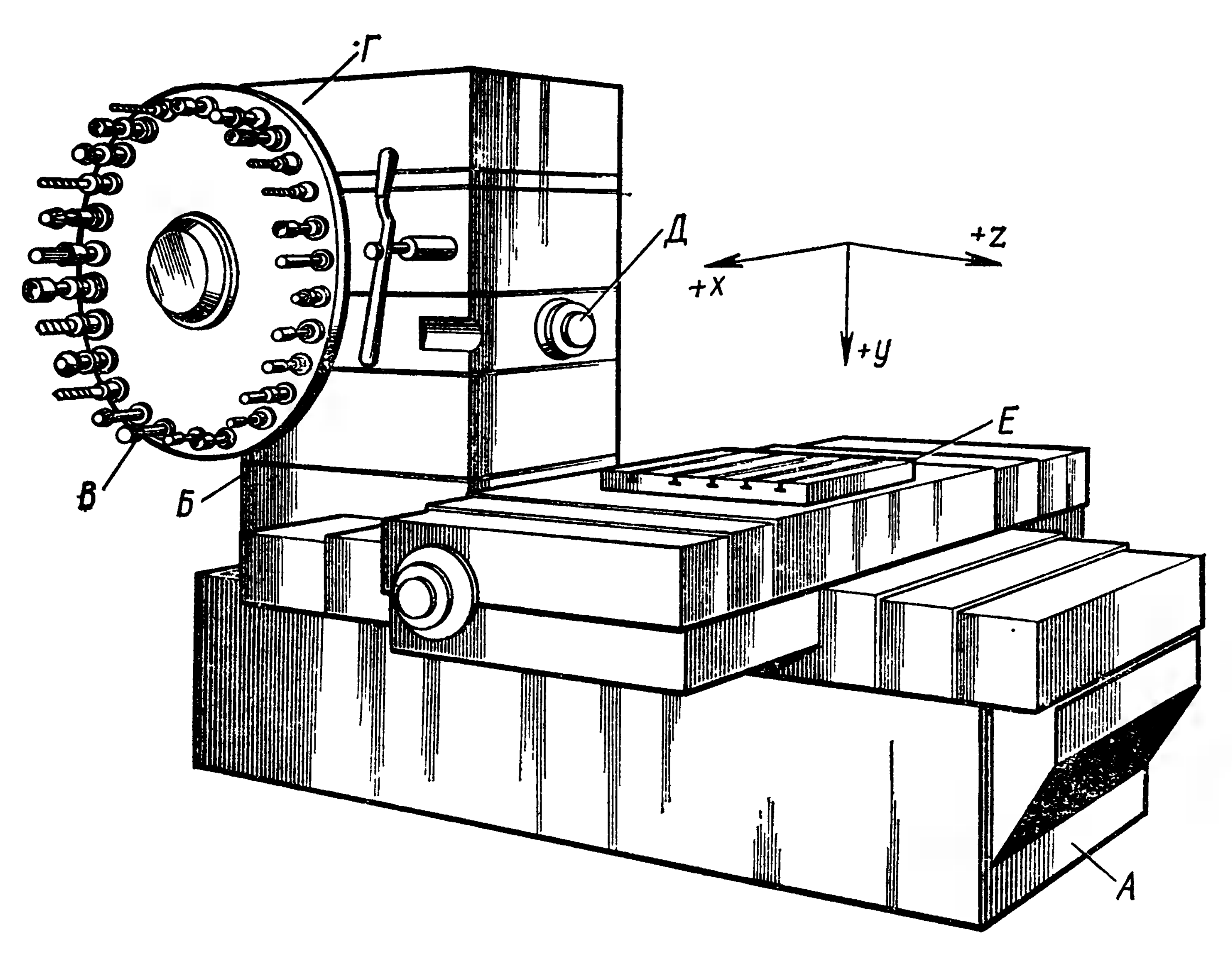
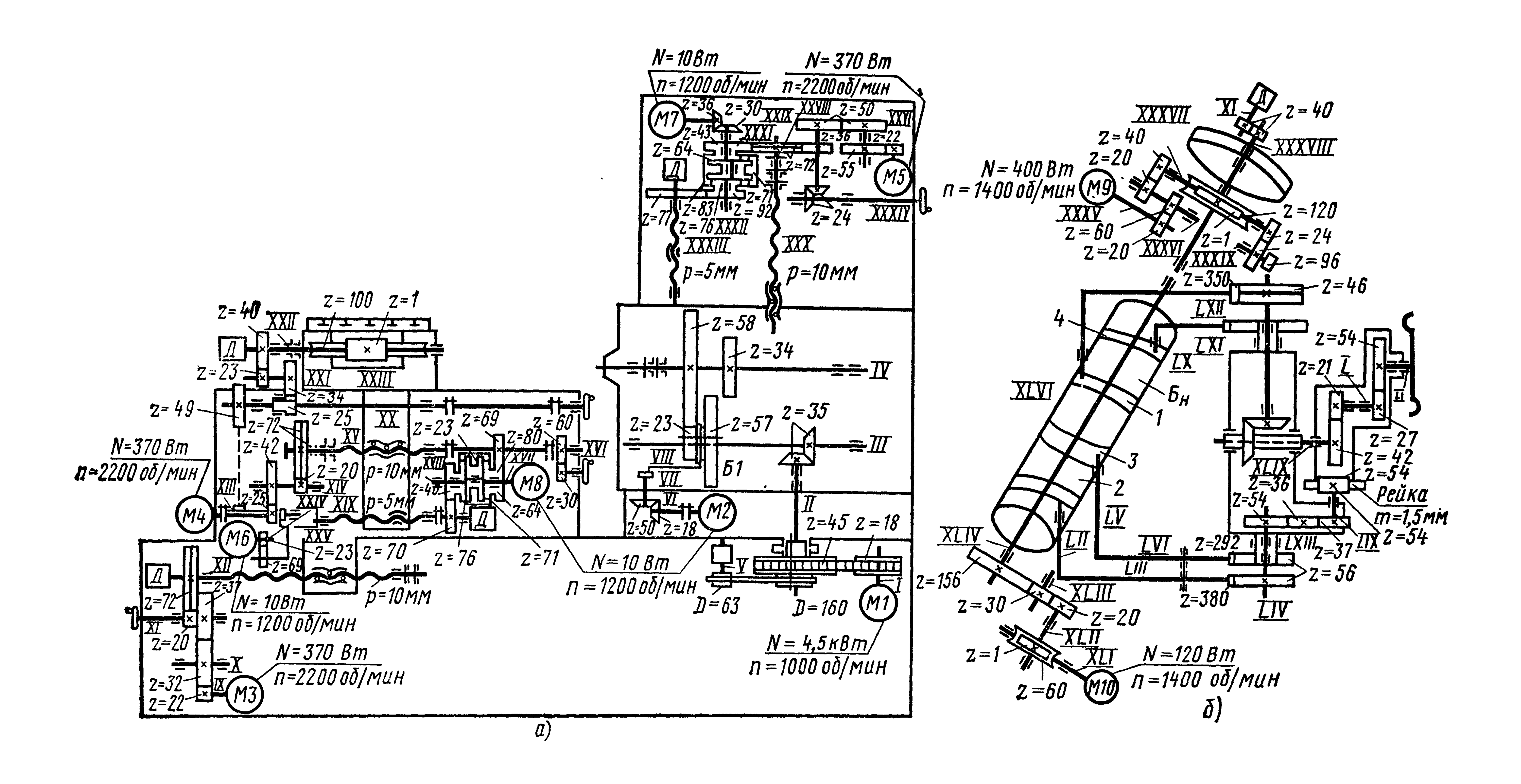


Рис. 48. Горизонтальный фрезерно-сверлильно-расточный многооперационный станок с ЧПУ модели 6904ВМФ2

0,02 мм/мин. Для позиционирования поворотного стола применена отсчетно-измерительная система с индуктивным зубцовым датчиком, обеспечивающим точность поворота вокруг оси β 20″.

Компоновка станка — по типу горизонтально-расточных станков. На основании *А* смонтирована колонна *Б*, по вертикальным направляющим которой перемещается шпиндельная головка *Д* с подачей по оси *у*. Шпиндельная головка размещена в нише колонны, что исключает консольное расположение шпинделя и повышает его жесткость, так как шпиндель не имеет осевого перемещения. Крестовый поворотный стол *Е* перемещается по горизонтальным направляющим основания *А* в продольном (*x*) и поперечном (*z*) направлениях, а также поворачивается вокруг вертикальной оси (β). Механизм смены инструмента размещен на колонне *Б* и состоит из магазина *В* и автооператора *Г*.

Кинематика станка (рис. 49, *а*). Главное движение — шпиндель получает вращение от электродвигателя постоянного тока *М1*


N=10 Вт
n=1200 об/мин
N=370 Вт
n=2200 об/мин
M7
M5
p=5мм
p=10мм
z=100
z=1
z=58
z=34
z=57
z=35
Б1
N=370 Вт
n=2200 об/мин
M4
M6
M8
M2
M1
M3
p=10мм
p=5мм
N=10 Вт
n=1200 об/мин
N=4,5 кВт
n=1000 об/мин
D=63
D=160
N=10Вт
n=1200 об/мин
N=370 Вт
n=2200 об/мин
N=400 Вт
n=1400 об/мин
M9
z=120
z=350
z=46
Бн
Рейка
m=1,5мм
z=292
z=380
z=156
N=120 Вт
n=1400 об/мин
M10

а)

б)

(мощность 4,5 кВт, частота 1000 об/мин) через зубчатую передачу $\frac{18}{45}$, вал II, коническую передачу $\frac{35}{35}$ и передвижной блок *Б1*. Переключение блока *Б1* осуществляется двигателем *М2* (мощность 10 Вт, частота 1200 об/мин) со встроенным редуктором через коническую пару $\frac{18}{50}$ и систему рычагов. Контроль положения блока осуществляется микропереключателем. Частота вращения шпинделя рассчитывается по уравнению кинематической цепи: $n_{шп} = n_{дв} \cdot \frac{18}{45} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{57}{34} \left(\frac{23}{68}\right)$.

Инструмент зажимается в корпусе шпинделя пакетом тарельчатых пружин, которые затягивают инструмент в конус шпинделя через шток. Освобождение инструмента при его замене производится через пару зубчатых колес от отдельного асинхронного электродвигателя (не показанного на рисунке). Отжим инструмента контролируется микропереключателями.

Привод подач продольного и поперечного перемещения стола и его поворота, вертикальное перемещение шпиндельной головки осуществляется от двигателей постоянного тока *М3, М4, М5* через двух или трехступенчатый редуктор к транспортным винтам продольного *XII* и поперечного *XV* перемещения салазок и шлицевому валу *XXII* поворота стола, винту *XXIX* вертикального перемещения головки и шлицевому валу *XXII* поворота стола. Ускоренный ход 4 м/мин. Рабочая подача 3,15—2500 мм/мин.

Уравнения кинематических цепей вертикальных, продольных, поперечных и круговых подач:

$$s_{верт} = n_{дв} \cdot \frac{22}{55} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{36}{72} \cdot 10 \text{ мм/мин};$$

$$s_{прод} = n_{дв} \cdot \frac{22}{32} \cdot \frac{32}{37} \cdot \frac{20}{72} \cdot 10 \text{ мм/мин};$$

$$s_{поп} = n_{дв} \cdot \frac{25}{42} \cdot \frac{20}{72} \cdot 10 \text{ мм/мин};$$

$$s_{круг} = n_{дв} \cdot \frac{25}{49} \cdot \frac{25}{34} \cdot \frac{23}{40} \cdot \frac{1}{100} \cdot 360 \text{ град/мин}.$$

Колесо $z=25$ на валу XIII передает движение на поперечную подачу стола или на его поворот при перемещении колеса двигателем *М6* со встроенным редуктором. Контроль положения колеса $z=25$ осуществляется микропереключателями.

Для повышения точности передачи и устранения зазоров зубчатые колеса, закрепленные на ходовых винтах, выполнены разрезными со встроенными пружинами, а стол, салазка и шпиндельная головка станка перемещаются по направляющим качения с предварительным натягом. На каждом ходовом винте закреплен стальной диск, помещенный между прижимными пластинами меха-

низма зажима с тарельчатыми пружинами. Отжим производится эксцентриковым валом, приводимым во вращение электродвигателем, который отжимает пакет тарельчатых пружин.

Отсчетная система. Отсчет продольного перемещения салазок производится фотоимпульсным датчиком *Д*, установленным на ходовом винте *XII*. Отсчет угловых перемещений поворотного стола выполняется с помощью кругового электроиндуктивного датчика и фотоимпульсного датчика *Д*. Система отсчета поперечного перемещения стола и вертикального перемещения шпиндельной головки — электроиндуктивная. Отсчетные винты *XIX* и *XXXIII* через две зубчатые пары и дифференциальный механизм связаны с транспортными винтами *XV* и *XXIX*. На отсчетных винтах жестко закреплены фотоимпульсные датчики. Электродвигатели *M7* и *M8* блока управления через дифференциалы производят доворот отсчетных винтов в сторону уменьшения сигнала рассогласования, полученного от индуктивных датчиков.

Механизм смены инструмента состоит из магазина барабанного типа на 30 инструментов и автооператора. Расположение инструментов в барабане определяются программой и инструменты удерживаются в осевом направлении пружинными фиксаторами. Цикл смены инструмента: поворот автооператора вокруг горизонтальной оси и захват инструмента из магазина; осевое перемещение автооператора для извлечения инструмента из магазина; поворот автооператора вокруг горизонтальной оси в противоположном направлении; осевое перемещение автооператора по направлению колонны; поворот всей головки вокруг вертикальной оси; шпиндельная головка входит в верхнее положение, контролируемое микропереключателем, и автооператор, поворачиваясь, захватывает отработавший инструмент; автооператор осевым движением извлекает инструмент из шпинделя; автооператор, поворачиваясь на 180°, меняет инструмент местами; очередной инструмент закрепляется в шпинделе, а отработавший инструмент автооператор переносит в гнездо магазина. Продолжительность смены инструмента 5 с, так как пять элементов цикла совершаются во время работы станка.

Кинематическая схема механизма смены инструмента (рис. 49, *б*) обеспечивает вращение магазина от электродвигателя *M9* по кинематической цепи:

$$n_{маг} = 1400 \cdot \frac{20}{60} \cdot \frac{20}{40} \cdot \frac{1}{120} \approx 2 \text{ об/мин.}$$

Точная остановка магазина происходит при срабатывании конечного выключателя от диска на валу *XXXIX*. Поиск нужного инструмента ведется с помощью фотоимпульсного датчика, установленного на валу *XI*.

Привод автооператора осуществляется от электродвигателя *M10* по кинематической цепи:

$$n_{бар} = 1400 \cdot \frac{1}{60} \cdot \frac{20}{156} \approx 3 \text{ об/мин.}$$

Барабан $Б_н$ имеет четыре профильных канавки. От канавки *1* через вал *XLVI*, передачу $\frac{350}{46}$, вал *XLVII*, коническую пару, две цилиндрические пары $\frac{42}{21} \cdot \frac{27}{54}$ производится вращение автооператора вокруг горизонтальной оси. От канавки *2*, вал *LII*, передачи $\frac{380}{56} \cdot \frac{54}{37}$, вал *LIX*, реечную передачу автооператор получает осевое перемещение в ту или другую сторону. От канавки *3* через вал *LV* и передачу $\frac{292}{56}$ корпус автооператора поворачивается вокруг горизонтальной оси. Одновременно от канавки *4* через систему рычагов фиксируется поворот корпуса автооператора в крайних положениях.

Пример обработки чугунного корпуса коробки передач на многооперационном фрезерно-сверлильно-расточном станке с ЧПУ и автоматической сменой 32 инструментов в течение 35-минутного цикла показан на рис. 50.

Станок сверлильно-фрезерно-расточный с числовым программным управлением и автоматической сменой инструмента модели 2611МФ2-1 (рис. 51, *а*) выполнен с выдвижным шпинделем, про-

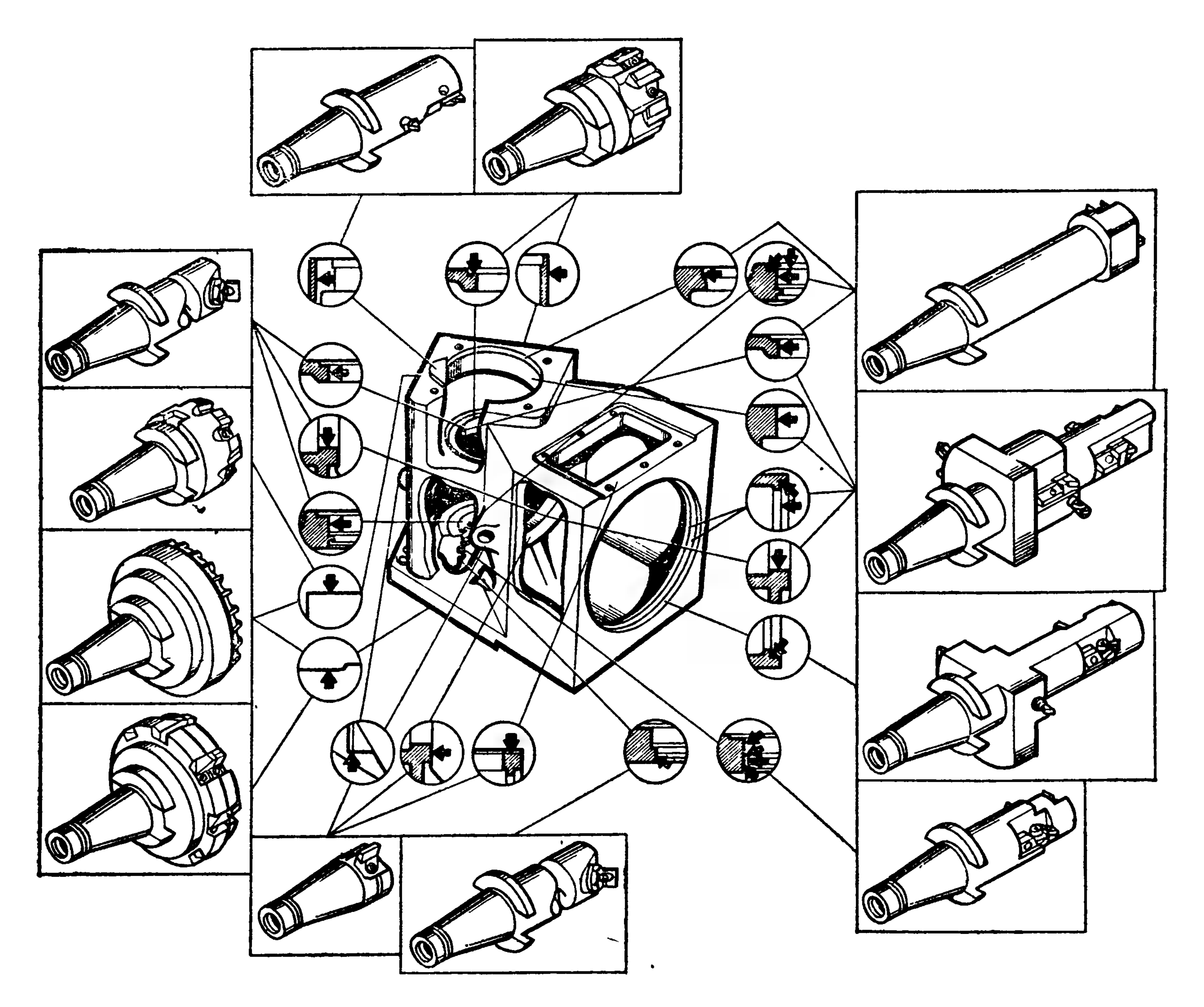


Рис. 50. Пример обработки корпуса передач на многооперационном станке с ЧПУ и автоматической сменой инструментов

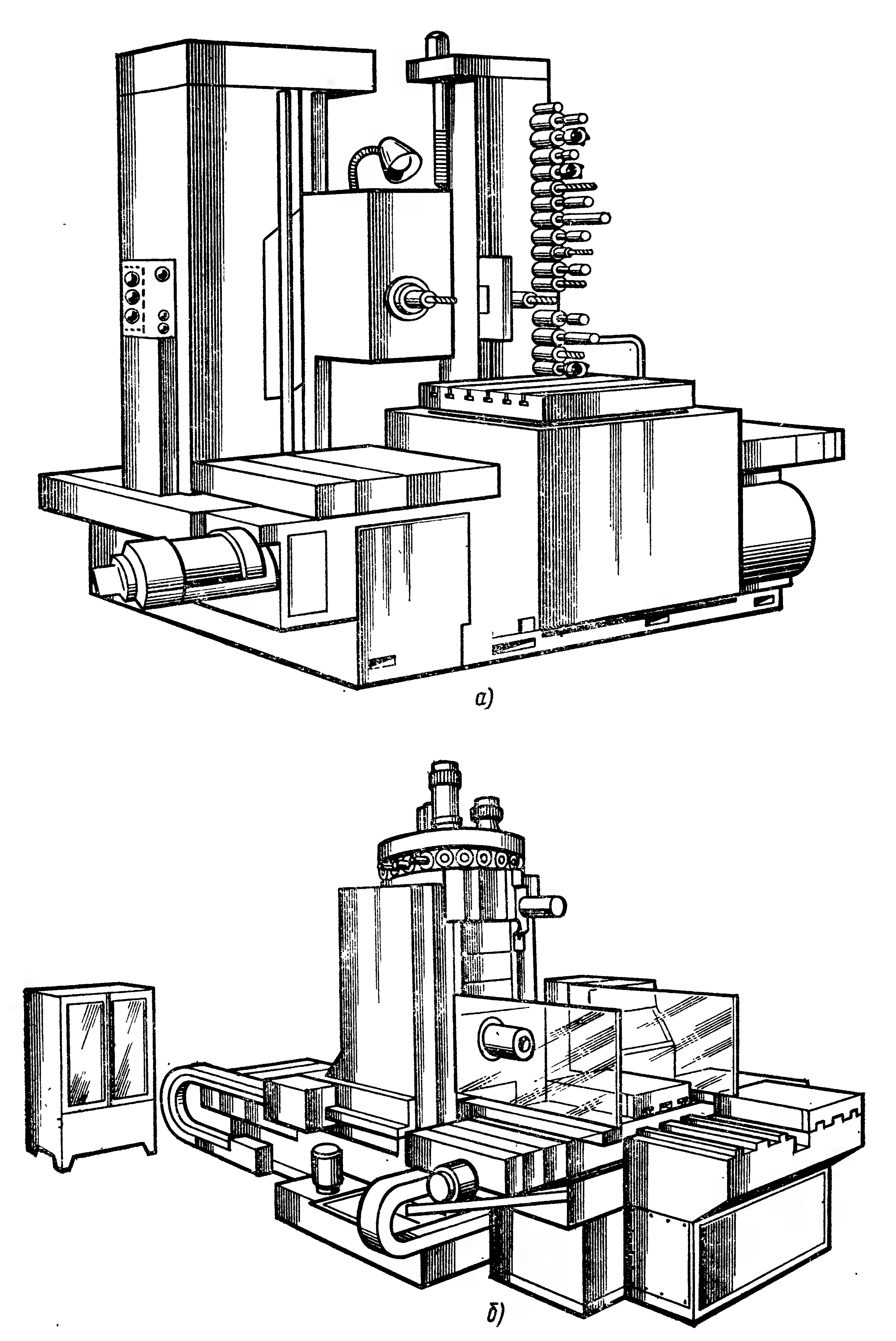


Рис. 51. Обрабатывающие центры

дольно-подвижной стойкой, поперечно-подвижным поворотным столом и отдельно стоящим устройством смены инструмента, которое крепится на фундаменте рядом со станком. Станок предназначен для обработки корпусных деталей массой 2 т. На станке производится сверление, зенкерование, развертывание и растачивание отверстий по точным координатам, фрезерование и нарезание резьбы метчиком. Для обработки соосных отверстий в противоположных стенках корпуса поворотный стол имеет точное позиционирование через 90°. Широкий диапазон частот вращения шпинделя и подач узлов станка позволяют обрабатывать как черные, так и цветные металлы на оптимальных режимах. Основные технические данные станка: диаметр расточного шпинделя 80 мм внутренний конус № 40, наибольшее продольное перемещение шпинделя при смене инструмента 475 мм, наибольшее поперечное перемещение стола 1000 мм, размеры стола 800×900 мм, наибольшее продольное перемещение стойки 630 мм, наибольшее вертикальное перемещение шпиндельной бабки 710 мм. Механика станка: диапазон подач стойки вдоль 2—1600 мм/мин, шпинделя вдоль 2—1600 мм/мин, бабки вертикально и поперек 2—1600 мм/мин, стойки вокруг оси на длине 300 мм 2—1600 мм/мин; скорость перемещения стойки, шпинделя, бабки, стола вокруг оси на длине 300 мм и поперек — 5000 мм/мин; диапазон частот вращения шпинделя 12,5—1250 об/мин, количество ступеней частот вращения шпинделя 21, наибольшее усилие подач стойки 12 500 Н, шпинделя, бабки, стола вдоль 10 000 Н, стола при повороте 6000 Н.

Инструментальный магазин на 24 инструмента, шаг гнезд для инструментов 82 мм, наибольший диаметр рядом стоящих инструментов 80 мм, наибольший диаметр инструмента при незаполненных соседних гнездах 200, наибольшая длина инструмента 315 мм. Наибольшие размеры обрабатываемой детали 800×130×630 мм, наибольший диаметр растачивания 200 мм, наибольший диаметр сверления стали 40 мм, наибольший диаметр торцовой фрезы 160 мм. Привод: ток переменный, трехфазный 220 или 380 В, мощность главного двигателя 8 кВт, мощность, потребляемая станком, 18 кВт. Габариты станка 5500×5100×3000 мм. Масса станка с электрооборудованием 14 т.

Многоцелевые станки с ЧПУ, автоматической сменой инструмента и столов-спутников ИР500МФ4 и ИР800МФ4 (рис. 51, *б*) предназначены для высокопроизводительной обработки деталей из конструкционных материалов от легких сплавов до высокопрочных сталей.

Обработка производится на поворотном столе с подачей поперечно-подвижного стола (ось x), вертикально-подвижной шпиндельной бабки (ось y) и продольно-подвижной стойки (ось z).

Широкий диапазон частот вращения шпинделя (12,2 — 3000 об/мин, 89 ступеней) и скоростей подач стола, шпиндельной бабки, стойки (1 — 2000 мм/мин) позволяет производить сверление, зенкерование, развертывание, растачивание точных отверстий по

заданным координатам, фрезерование по контуру с линейной и круговой интерполяцией, нарезание резьбы метчиками. Благодаря поворотному столу, который устанавливают с высокой точностью (на 0; 90; 180; 270°±3 угл. с, через 5°± угл. с), расширяются технологические возможности станков и возможна обработка соосных отверстий консольным инструментом с поворотом стола на 180°.

Высокая степень автоматизации вспомогательных функций станков (включая автоматическую смену заготовок) позволяет встраивать их в автоматические линии с управлением от ЭВМ. Роль оператора при работе на станках сводится лишь к наблюдению за их работой. Технологические возможности станков: сверление отверстий в стали средней твердости до 40 мм, глубокое сверление с многократным выводом инструмента для отвода стружки, нарезание резьб М3 — М36, цековка отверстий, обратная цековка с ориентацией шпинделя, цековка фрезерованием по контуру с круговой интерполяцией, растачивание ступенчатых отверстий до диаметра 125 мм и с использованием специальной оправки до диаметра 180 мм, фрезерование наружного контура (с круговой интерполяцией), фрезерование торцовой фрезой.

Конструктивные особенности: все узлы смонтированы на жесткой Т-образной станине; лобовая бесконсольная шпиндельная бабка расположена внутри портальной стойки; поворотный индексируемый стол перемещается по отдельной станине, которая крепится на станине станка; устройство автоматической смены инструмента с инструментальным магазином барабанного типа монтируется на верхнем торце стойки; все базовые детали имеют высокую жесткость и виброустойчивость, сохраняют точность изготовления; шпиндель с диаметром переднего подшипника 105 мм и конусом № 50 монтируется в отдельном корпусе на прецизионных цилиндророликовых и упорно-радиальном подшипниках, что обеспечивает оптимальную точность, жесткость и виброустойчивость; гидромеханическое устройство зажима инструмента в шпинделе обеспечивает надежность и быстродействие крепления инструмента с усилием 12 500 Н; привод шпинделя осуществляется двухступенчатой коробкой скоростей от электродвигателя постоянного тока мощностью 14 кВт с постоянным моментом в диапазоне 21 — 184 об/мин и с постоянной мощностью в диапазоне 184 — 3000 об/мин; автоматическая ориентация шпинделя с управлением от ЧПУ и механической фиксацией позволяет отвести резец от рабочей поверхности, не повреждая изделия; привод подач по осям x, y, z осуществляется от высокомоментных электродвигателей с постоянными магнитами, которые соединены с шариковыми винтовыми парами через упругие муфты высокой жесткости; прецизионные шариковые винтовые пары (биение не более 0,005 мм на длине 300 мм) установлены с предварительным натягом в прецизионных роликовых радиально-упорных подшипниках; скорость быстрых установочных перемещений до 10 000 мм/мин, позиционирование осуществляется одновременно по трем координатам (оси x, y, z); в подвижных

узлах станков применена система комбинированных направляющих, состоящих из прецизионных роликовых опор качения с предварительным натягом и антифрикционного полимерного материала, обладающего низким коэффициентом трения и высокой демпфирующей способностью, что гарантирует высокую точность позиционирования, устойчивость станков при резании на максимальных режимах обработки; встроенный поворотный делительный стол имеет 72 позиции (через 5°), установка стола производится в автоматическом режиме; для индексации применена специальная муфта с торцовыми зубьями и гидравлический зажим стола, которые гарантируют высокую точность поворота и надежность фиксации; для установки и крепления детали на поверхности стола-спутника имеется сетка резьбовых отверстий; устройство автоматической смены инструментов расположено вне рабочей зоны и состоит из вращающегося инструментального магазина на 30 инструментов и манипулятора; выбор инструментов осуществляется в любой последовательности с гидромеханической фиксацией инструментального магазина во время механической обработки; автоматическая смена столов-спутников обеспечивает работу станков в автоматическом режиме, исключая из технологического цикла время на установку и снятие деталей; гидравлическое устройство работает от аксиально-поршневого насоса с автоматическим регулированием расхода масла, что гарантирует быстродействие исполнительных органов (время смены инструмента 5 с, время смены стола-спутника 30 с) и минимальный нагрев рабочей жидкости; в гидросхему станков встроен гидроаккумулятор с эластичным мешком, что обеспечивает уравновешивание шпиндельной бабки; масло гидростанции охлаждается теплообменником с воздушным охлаждением; смазка деталей и подшипников автоматическая, централизованная, дозированная, а зубчатых колес и подшипников главного привода — непрерывная циркуляционная; охлаждение инструментов производится подачей жидкой и распыленной СОЖ в зону резания с включением насосной установки от ЧПУ; защита направляющих и шариковых винтов от стружки и СОЖ телескопическая.

Станки имеют исполнение с нормальной точностью (класс Н) и повышенной точностью (класс П). Автоматическая уборка стружки полностью автоматизирует работу станков.

Габариты станков: ИР500МФ4 6030×3750×3100 мм, масса 11 250 кг; ИР800МФ4 6885×3750×3455 мм, масса 12 500 кг.

Техническая характеристика устройства программного управления: тип системы — комбинированный (с линейной и круговой интерполяцией); способ ввода программ — перфолента, программный накопитель от центральной ЭВМ, телетайпа, ручной; количество программируемых координат — 3; количество одновременно управляемых координат при линейной и круговой интерполяции — 2; смещение «0»» отсчета по всем координатам — имеется.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы расточных станков.
2. Как осуществляется проверка горизонтально-расточного станка на точность?
3. Каково назначение и особенности координатно-расточных и алмазно-расточных станков?
4. Объясните назначение органов управления станка 2620.
5. Покажите основные кинематические цепи станка 2620.
6. Объясните устройство коробки скоростей, шпинделя и планшайбы станка 2620.
7. Как работает механизм подач, вариатор подач и механизм точного останова станка 2620?
8. Назовите основные типы горизонтально-расточных станков с программным управлением и объясните принцип их работы.
9. В чем состоят преимущества и особенности конструкции многооперационных станков с ЧПУ и автоматической сменой инструмента?

Глава V

РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РАСТОЧНЫХ РАБОТ

Режущий инструмент для расточных работ должен иметь широкую номенклатуру типоразмеров, универсальную конструкцию, жесткость и прочность крепления, точность перемещения, минимальное время на установку, снятие и переналадку с одного размера обработки на другой, единую базу для установки и заточки, малую массу и хорошую балансировку.

Номенклатура режущего расточного инструмента следующая: резцы, блоки, сверла, зенкеры, развертки, фрезы и метчики.

§ 1. Резцы

По форме поперечного сечения расточные резцы делятся на круглые и квадратные. Круглые расточные резцы просты в изготовлении, но менее удобны в эксплуатации, поэтому преимущественное распространение получили резцы квадратного сечения. Такие резцы обеспечивают более высокую производительность, точность обработки, прочность и жесткость крепления.

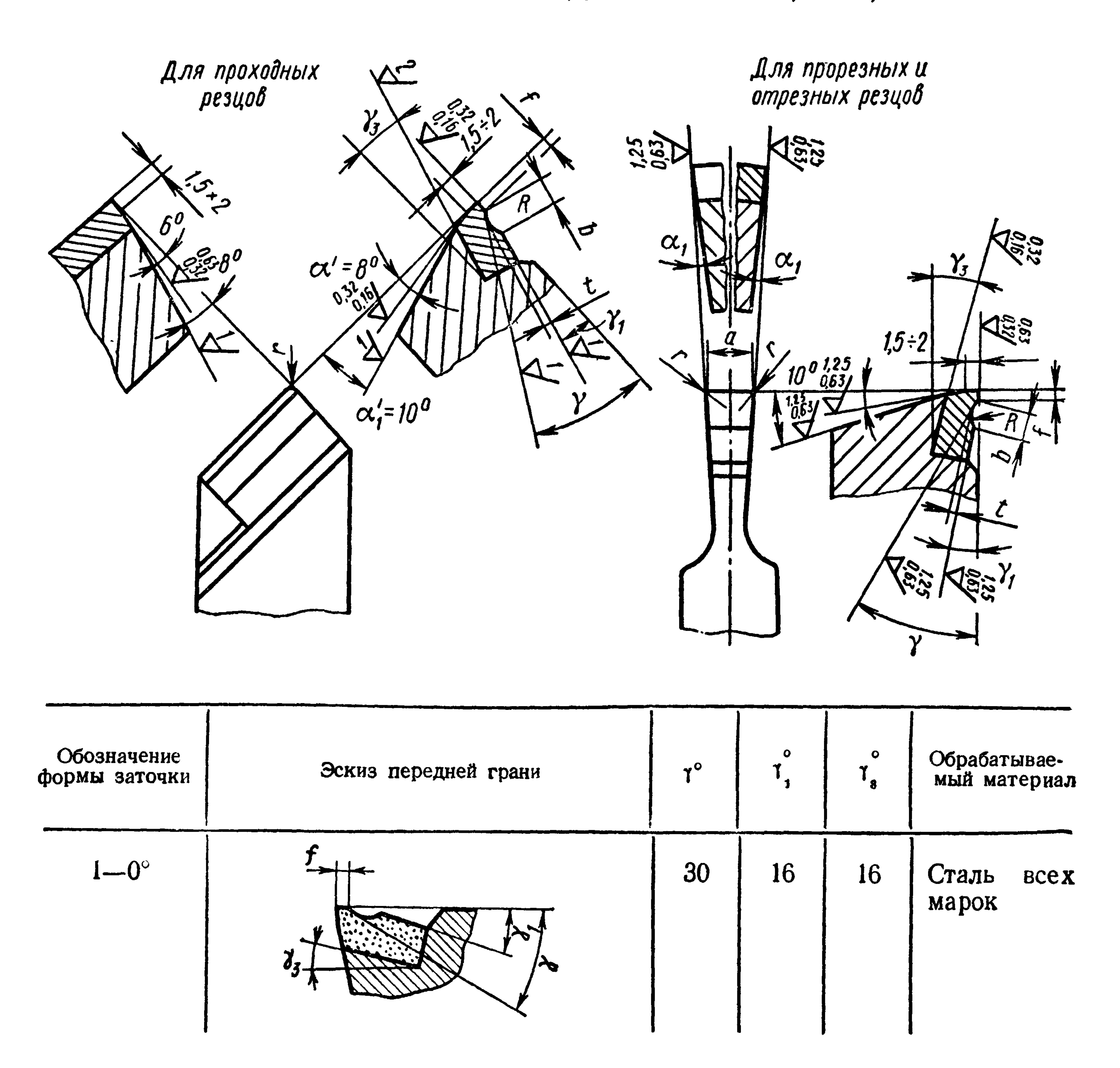
Материалом пластинки резца чаще всего являются твердые сплавы: ВК8 — для чернового и чистового растачивания чугуна при переменных и ударных нагрузках, ВК6 — для чернового, получистового и чистового точения с малым сечением среза, предварительного нарезания резьбы, отрезки, получистового и чистового фрезерования сплошных поверхностей, ВК3 — для чистового растачивания чугуна, Т5К10 — для чернового растачивания стали, Т15К6 — для получистового и чистового растачивания стали, Т30К4 — для чистового растачивания стали.

Быстрорежущие расточные резцы применяются для растачивания отверстий стальных отливок, прорезки канавок и подрезки торцов.

Расточные резцы бывают следующих типов:

3. Геометрия режущей части резцов с пластинками из быстрорежущей стали, применяемыми при расточных работах

Форма передней грани I (криволинейная с фаской)



Обозначение формы заточки	Эскиз передней грани	γ°	γ_1°	γ_3°	Обрабатываемый материал
I—0°		30	16	16	Сталь всех марок

Резцы проходные и расточные

Размер сечений			f	R	b	t	r
прямоугольное	квадратное	круглое					
B×H	B×H	a					
10×16	12×12	6—12	0,2	3	1,5	0,09	1
12×20	16×16	16	0,4	5	2,4	0,15	1,5
16×25	20×20	20	0,6	8	3,9	0,24	1,5
20×30	25×25	25	0,8	12	5,8	0,36	2
25×40	30×30	—	1,0	15	7,2	0,45	2
30×45	40×40	—	1,2	18	8,7	0,54	3

Резцы прорезные и отрезные

a	*f*	*R*	*b*	*t*	*r*
4	0,1	8	3,9	0,24	0,2
6—8	0,2	10	4,9	0,30	0,4
10	0,3	12	5,8	0,36	0,6
12	0,3	15	7,2	0,45	0,6
15	0,4	20	9,7	0,60	0,8

Примечания:
1. Угол наклона главной режущей кромки λ равен 0°.
2. $\alpha_1 = 1°$ при $a \leqslant 5$ мм и $\alpha_1 = 2°$ при $a > 5$ мм.

Форма передней грани III (плоская)

Обозначение формы заточки	Эскиз передней грани	$\gamma°$	$\gamma_1°$	$\gamma_3°$
III+20°		20	25	16
III+15°		15	16	16
III+8°		8	16	16

Обрабатываемый материал

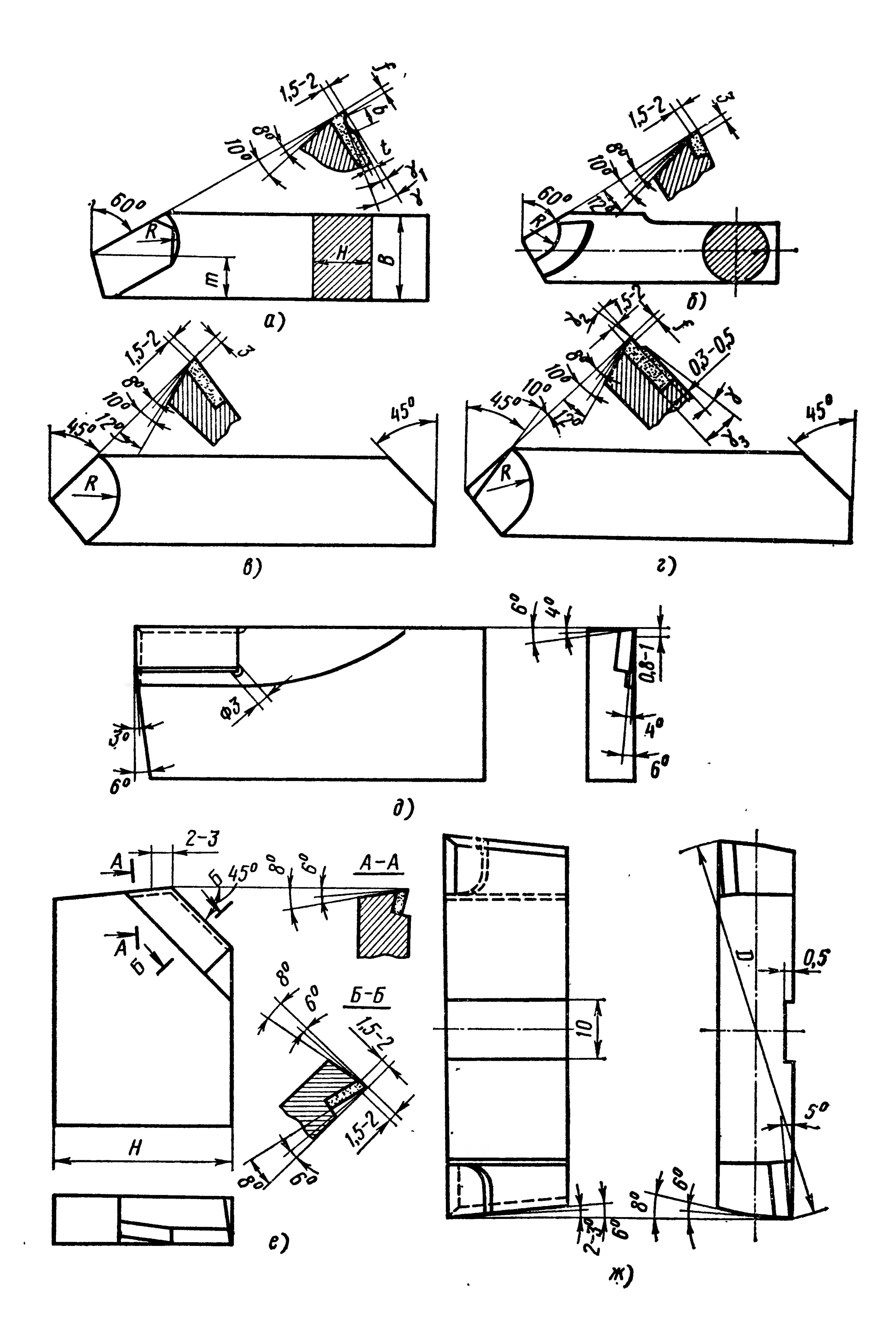
Наименование	$\sigma_в$, МПа	НВ, МПа	
Силумин всех марок	—	—	—
Сталь	500—1000	1500—2700	—
Чугун	—	—	1500—2000
Сталь	1000—1200	2700	—
Чугун	—	—	2000—2500
Бронзы всех марок	—	—	—

Примечания:
1. Угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0°$.
2. $\alpha = 1°$ при $a \leqslant 5$ мм и $\alpha = 1°30'$ при $a > 5$ мм.

проходные с главным углом в плане 90° (для растачивания сквозных и глухих отверстий и подрезки торцов чугунных корпусных деталей);

проходные с главным углом в плане 60 и 45° (для чистового растачивания стали и снятия фасок под углом 45°);

подрезные односторонние с удлиненной пластинкой (для растачивания и подрезки торцов отверстий);



1,5-2
f
b
8°
10°
t
γ_1
γ
60°
R
H
B
m
а)
1,5-2
3
8°
10°
60°
12°
R
б)
1,5-2
3
8°
10°
45°
12°
R
45°
в)
γ_2
1,5-2
f
8°
10°
0,3-0,5
10°
45°
12°
γ
γ_3
R
45°
г)
6°
4°
0,8-1
Ф3
3°
6°
4°
6°
д)
2-3
А
Б
45°
8°
6°
А-А
А
Б
8°
6°
Б-Б
1,5-2
1,5-2
8°
6°
H
е)
10
D
0,5
5°
8°
6°
6°
2-3
ж)

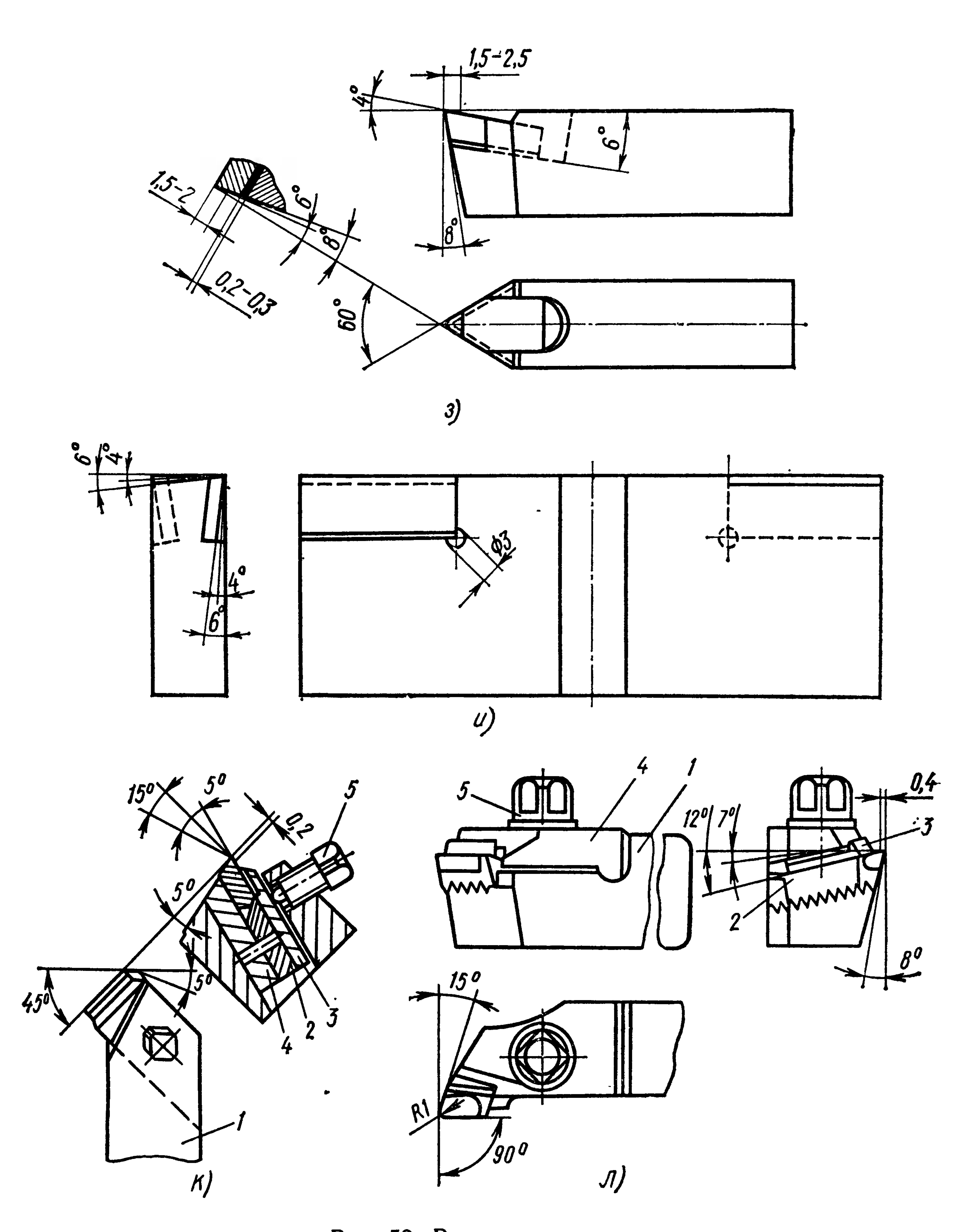


Рис. 52. Резцы расточные:

а — прямоугольный для прямого крепления с пластинкой из быстрорежущей стали, *б* — круглый для крепления под углом 90° с пластинкой Т15К6, *в* — прямоугольный для крепления под углом 45° с пластинкой из быстрорежущей стали, *г* — прямоугольный с порожком для дробления стружки, *д* — плоский односторонний с пластинкой из быстрорежущей стали, *е* — плоский фасочный с пластинкой из быстрорежущей стали, *ж* — плоский двусторонний с пластинками из быстрорежущей стали, *з* — прямоугольный резьбовой с пластинкой из быстрорежущей стали, *и* — плоский двусторонний для подрезки бобышек с пластинкой из быстрорежущей стали, *к* — проходной резец, *л* — подрезной резец

двусторонние (для растачивания отверстий диаметром до 300 мм и подрезки торцов при малой жесткости борштанги); канавочные и резьбовые.

Конструкция расточных резцов прямоугольного сечения для прямого крепления с пластинкой из быстрорежущей стали показана на рис. 52, *а*. Геометрия режущей части этих резцов приведена в табл. 3. Стержень резца выполняется из стали 45, режущая пластинка подвергается закалке на твердость HRC 62—63.

Геометрия заточки расточных резцов круглой формы для прямого крепления с пластинкой из твердого сплава показана на рис. 52, *б*.

Расточные резцы прямоугольной формы для наклонного крепления под углом 45° с пластинкой твердого сплава имеют два исполнения (рис. 52, *в, г*) —без порожка и с порожком для дробления стружки.

Односторонние расточные и фасочные резцы (рис. 52, *д, е*) имеют правое и левое исполнение. Двусторонние расточные пластинчатые резцы (рис. 52, *ж*) делают с пластинками твердого сплава или из быстрорежущей стали.

Геометрия резьбовых резцов для внутренних метрических резьб и резцов к борштангам для подрезки бобышек изображена на рис 52, *з, и*.

Геометрия режущей части прямоугольных проходных, расточных прорезных и отрезных резцов с пластинками твердого сплава, применяемых при расточных работах, приведена в табл. 4.

Сборный проходной резец с механическим креплением керамической или твердосплавной пластинки (рис. 52, *к*) имеет державку *1*, вкладыш *2*, прихват *3*, пластинку *4* и винт *5*. При обработке чугунных фланцев и колец диаметром до 400 мм применяют комплект из двух сборных проходных резцов с пластинками из сплава ВК8 и керамики. Первые проходы при растачивании, обтачивании и подрезании торцов производят резцом с пластинкой из твердого сплава, последующую обработку — резцом с керамической пластинкой. Режим обработки с твердосплавной пластинкой: $t=4—6$ мм; $i=1—3$; $v=208$ м/мин; $s=0{,}5$ мм/об. Режим обработки с керамической пластинкой: $t=3—4$ мм, $i=4$; $v=790$ м/мин.

Сборный подрезной резец (рис. 52, *л*) имеет державку *1*, вкладыш *2* с припаянной пластинкой из твердого сплава, стружколоматель *3*, прихват *4* и винт *5*. Вкладыш *2* можно перемещать относительно державки *1*; вместе со стружколомателем он прижимается прихватом *4* к державке *1*. К преимуществам сборного резца относятся: повышенный срок службы державок и экономия металла, идущего на изготовление державок; сокращение объема работ по транспортированию и заточке резцов, так как затачивают лишь вкладыши с пластинками; стружколомание обеспечивается при любом режиме работы, так как стружколоматель устанавливают на требуемом расстоянии от режущей кромки резца; повышается срок службы твердосплавной пластинки в ре-

4. Геометрия режущей части прямоугольных резцов с пластинками твердого сплава, применяемых при расточных работах

Форма передней грани I (криволинейная с фаской)

Обозначение формы заточки	Эскиз передней грани	γ_2°	γ°	γ_1°	γ° пластинки плашмя	γ° пластинки на ребро	Обрабатываемый материал: наименование	$\sigma_в$, МПа	НВ, МПа	Тип сплава пластинки
I—10°		0	25	12	+12	—10	Сталь	700—900	2100—2650	ТК
I—5°		—5						900—1300	2650—3500	
I—10°		—10	25	12	+12	—10	Сталь	Св. 1300	Св. 3500	ТК

Примечание. Угол наклона главной режущей кромки $\lambda = +4^\circ$.

Форма передней грани (плоская III и плоская с фаской II)

Обозначение формы заточки	Эскиз передней грани	γ°	γ_2°	γ_3°	f	Дополнительные сведения	Обрабатываемый материал: наименование	$\sigma_в$, МПа	НВ, МПа	Тип твердого сплава пластинок	Условия работы
III+8°		+8		12			Чугун Бронза Латунь	До 300	До 2000	ВК	Малая, средняя жесткость
III+0°		0		12			Чугун Бронза Латунь	Св. 300	2000—3000	ВК	
III+18°		+18		22			Алюминий			ВК	

Обозначение формы заточки	Эскиз передней грани	γ°	γ_2°	γ_3°	f	Дополнительные сведения	Обрабатываемый материал: наименование	$\sigma_в$, МПа	НВ, МПа	Тип твердого сплава пластинок	Условия работы
III—5°Δ		—5°		12			Сталь Чугун	1200—1400	3000—4000	ТК ВК	Достаточная жесткость
III—10°		—10		12			Сталь Чугун	1400—1600	4000—5000	ТК ВК	
III—15°		—15		12			Сталь	1600—1800		ТК	
II+12° IIБ+12°		+12	0	12	0,2—0,3 0,6—0,8	Применять стружколоматель	Сталь Сталь	До 700 700—900		ТК	Малая, средняя жесткость
II+8°Δ IIБ+8°Δ		+8	—5	12	0,2—0,3 0,6—0,8						
II 0° IIБ0°			—10	12	0,2—0,3 0,6—0,8		Сталь	900—1200			

Примечания:

1. Угол наклона главной режущей кромки λ при работе с ударами и получении ломаной стружки +12° (φ≥60°).
2. Задний угол переходной кромки по пластинке равен главному заднему углу. Знаком Δ отмечены формы заточки, наиболее часто применяемые.
3. $\alpha_1 = 1°$ при $a \leqslant 5$ мм и $\alpha_1 = 2°$ при $a > 5$ мм.

зультате перемещения вкладыша и стружколомателя при износе и переточке режущей пластинки.

Расточные блоки (рис. 53) состоят из корпуса *1*, вставных регулируемых резцов *2*, винтов *3* и *5* и зажимных сухарей *4*.

Передний угол γ равен 5° для блоков чистовой расточки и 0° — для блоков-разверток.

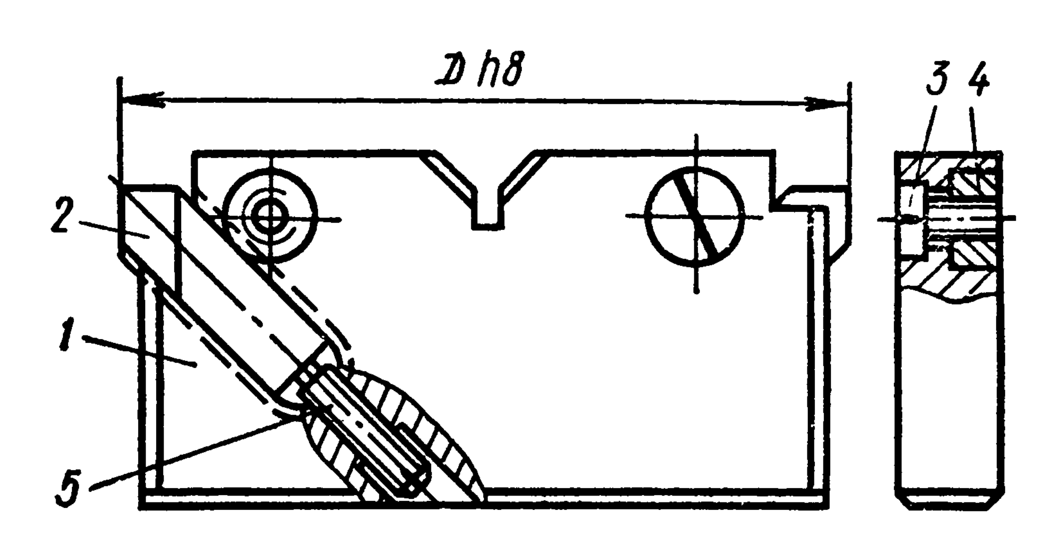


Рис. 53. Расточный блок

Плавающие резцы (блоки) применяют после растачивания для окончательной чистовой обработки отверстий при сохранении соосности и координат осей ранее расточенных отверстий. Резцы регулируют по диаметру растачиваемого отверстия и закрепляют стопорными винтами. Плавающие расточные блоки имеют шпоночную канавку, в которую с определенным зазором входит головка винта, предохраняющего блок от выпадения из борштанги.

§ 2. Сверла

Сверла предназначены для сверления и рассверливания отверстий диаметром до 80 мм. Различают следующие типы сверл (рис. 54):

цилиндрические с винтовой канавкой и коническим хвостовиком (стандартные и удлиненные);

сверла для рассверливания чугуна с пластинкой из твердого сплава;

перовые для глубоких отверстий;

полые для кольцевого сверления отверстий диаметром более 60 мм.

Основными частями сверла являются (рис. 54, *а*): рабочая часть *6*, шейка *3*, хвостовик *5*, поводок или лапка *4*, режущая часть *1* и спиральная канавка *2*.

На режущей и рабочей части сверла различают (рис. 54, *д*): переднюю поверхность *1*, поперечную кромку *2*, спинку зуба *4*, заднюю поверхность *3*, сердцевину *5*, ленточку *9*, режущую кромку *10* и стружкоразделительные канавки *7*, кромку ленточки *8* и режущие кромки *6* при двойной заточке сверла.

Форма заточки режущей части сверла (рис. 54, *е*) может быть обыкновенная *(1)*, с подточкой перемычки *(2)*, с подточкой перемычки и ленточки *(2, 3)*, с двойной заточкой, подточкой перемычки и ленточки *(4, 2, 3)*, с подточкой вдоль режущих кромок *(5)*, с подточкой режущей кромки и перемычки *(5, 2)*.

Обыкновенная форма заточки сверла применяется для обработки стали, стальных отливок и чугуна. Подточка перемычки умень-

шает усилие подачи и используется при сверлении стальных отливок ($\sigma_в \leqslant 500$ МПа) по корке. Подточка ленточки и перемычки уменьшает теплообразование на границе режущей кромки и ленточки. Она делается при сверлении стали и стальных отливок

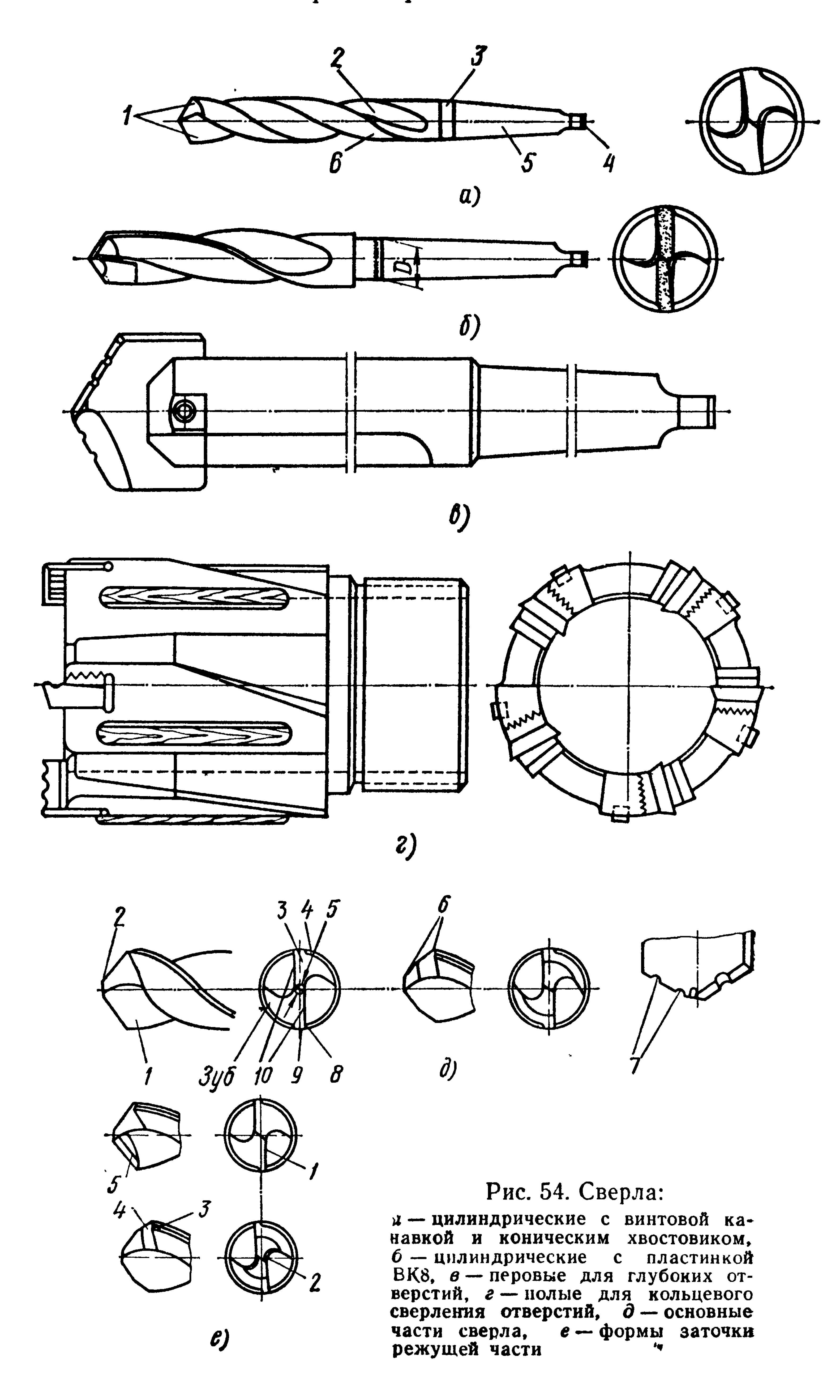


Рис. 54. Сверла:

а — цилиндрические с винтовой канавкой и коническим хвостовиком, б — цилиндрические с пластинкой ВК8, в — перовые для глубоких отверстий, г — полые для кольцевого сверления отверстий, д — основные части сверла, е — формы заточки режущей части

($\sigma_в \geqslant 500$ МПа) со снятой коркой. Двойная заточка с подточкой перемычки дробит стружку, способствует отводу тепла, что улучшает условия резания, и применяется при сверлении стальных отливок ($\sigma_в \leqslant 500$МПа) и чугуна по корке. Двойная заточка с подточкой перемычки и ленточки уменьшает осевое усилие резания при сверлении стали и стальных отливок ($\sigma_в \geqslant 500$ МПа) и чугуна со снятой коркой. Подточка вдоль режущих кромок с образованием фаски шириной 0,3 мм облегчает условия схода стружки и уменьшает осевое усилие. Она применяется при сверлении стали и чугуна при снятой корке.

Подточка режущей кромки и перемычки уменьшает осевое усилие, передний угол и ширину ленточки, что также способствует улучшению условий резания.

При заточке сверл соблюдают следующие правила: режущие кромки должны иметь одинаковую длину, затачивать их следует под одинаковыми углами к оси сверла, подточку у перемычки нужно делать так, чтобы образованная ею кромка была продолжением основной, без перелома. Режущая кромка может быть прямолинейной или слегка вогнутой; выпуклая форма не допускается.

Геометрические параметры режущей части сверла: угол наклона винтовой канавки к оси сверла 26—30°, передний угол у наружного диаметра сверла 1—4°, задний угол 8—14°, у перемычки 20—26°. Большее значение углов заточки относится к малым диаметрам сверл. Угол при вершине должен быть 116—118° для обработки стали, 90—100° для бронзы и чугуна. При двойной заточке сверла — 70—80 и 116—118°.

Угол наклона поперечной кромки 52—55°.

Подточка перемычки выполняется на 25% длины главных режущих кромок и 30—50% длины перемычки. Вдоль оси сверла подточка распространяется на 4—6 мм при диаметре сверл 12—30 мм. Подточка ленточки до ширины 0,2—0,3 мм выполняется под углом 6—8° на длину 1,5—2 мм для сверл диаметром 12—30 мм.

Удлиненные сверла больше стандартных сверл того же диаметра на 30—40%.

Сверла (рис. 54, *б*) для рассверливания отверстий в чугунных деталях имеют прямолинейную канавку или канавку с крутой спиралью для отвода стружки и пластинку твердого сплава на режущей части.

Перовые сверла (рис. 54, *в*) для сверления глубоких отверстий большого диаметра могут иметь направляющие из твердых пород дерева и охлаждаться эмульсией.

Полые головки для кольцевого сверления отверстий большого диаметра (рис. 54, *г*) позволяют использовать сердцевину отверстий и требуют меньших затрат мощности и времени на обработку отверстий в сплошном материале по сравнению с обычным сверлением и последующим рассверливанием, зенкерованием или растачиванием.

§ 3. Зенкеры

Зенкеры предназначены для окончательной обработки просверленных отверстий по 11; 12—13 квалитетам или для получистовой обработки перед развертыванием, а также для обработки гнезд с плоским дном под головки винтов и болтов.

Зенкеры бывают следующих типов (рис. 55):

со спиральным зубом, коническим и цилиндрическим хвостовиком (быстрорежущие или с пластинками твердого сплава); материал корпуса зенкера — сталь 40Х; обратная конусность на пластинке твердого сплава 0,05—0,08 мм на длине 100 мм;

со спиральным зубом (насадные и цельные);

насадные, со вставными ножами, быстрорежущие;

насадные, оснащенные твердым сплавом;

для цилиндрических углублений (цельные и съемные);

для зачистки торцовых поверхностей (пластинчатые или со вставными ножами);

зенковки обратные со штифтовым замком, оснащенные пластинками твердого сплава;

специальные для борштанг.

Геометрические параметры зенкеров: угол наклона винтовой канавки к оси зенкера 10—20°; задний угол у наружного диаметра зенкера 5—8°. Передний угол для мягкой стали делается 15—20°, для стали средней твердости и стальных отливок — 8—12°, твердой стали и твердого чугуна — 5—0°. У зенкеров с пластинкой твердого сплава передний угол выполняется 6—8°. Биение режущих кромок относительно оси зенкера допускается в пределах от 0,02 до 0,05 мм.

§ 4. Развертки

Развертки предназначены для чистовой обработки отверстий с с целью получения правильной формы и точных размеров по 6—7 и 8—9 квалитетам и шероховатости поверхности по 7—8-му классам.

Типы разверток следующие (рис. 56):

цельные с цилиндрическим или коническим хвостовиком;

насадные для сквозных или глухих отверстий;

конические;

специальные для оправок и борштанг (с нерегулируемыми и регулируемыми ножами).

В зависимости от характера обрабатываемого материала применяются развертки с пластинками из быстрорежущей стали или твердого сплава.

Развертки имеют следующие геометрические параметры. Задний угол на заборной части выполняется 6—15°, на калибрующей части задний угол равен 0° благодаря наличию цилиндрической ленточки. Передний угол назначается от 0 до 10°. У чистовых разверток для хрупких металлов задний угол равен 0°, у разверток

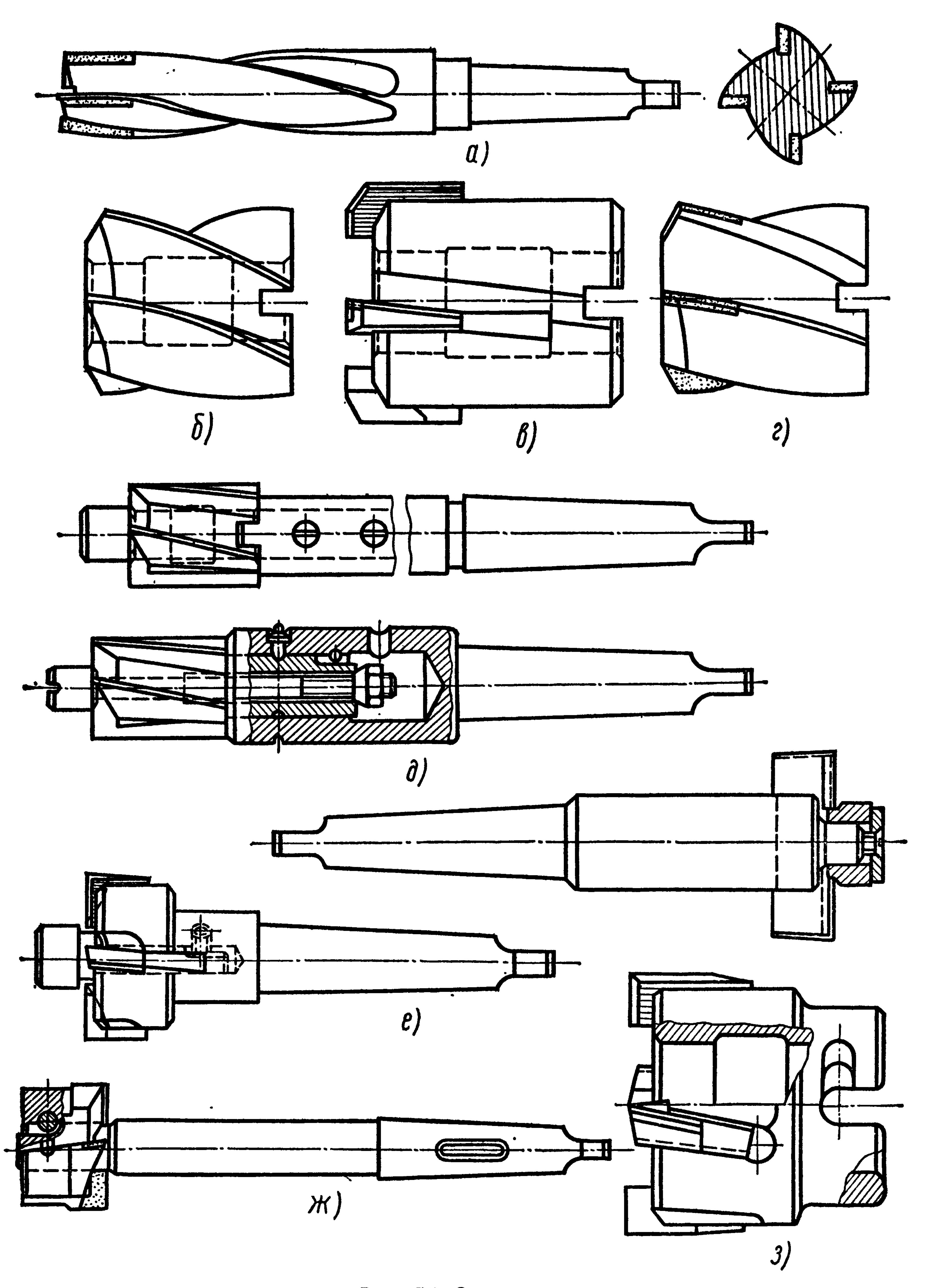


Рис. 55. Зенкеры:

а — цилиндрический с винтовой канавкой и пластинками ВК8 и Т15К6, *б* — насадной, цельный, *в* — насадной со вставными ножами, *г* — насадной с ножами ВК8 и Т15К6, *д* — целый и съемный для цилиндрических углублений, *е* — пластинчатый и со вставными ножами для обработки торцов, *ж* — обратные зенковки с ножами ВК8 и Т15К6 и штифтовым замком, *з* — специальный для борштанг

с пластинками твердого сплава — от 0 до 5°. Угол конуса заборной части у машинных разверток для обработки стали равен 12—15°, чугуна — 3—5°, с пластинками твердого сплава — 30—45°. Для улучшения шероховатости обрабатываемой поверхности применяют развертки с углом наклона канавок к оси 7—8° (для серого чугуна и твердой стали) и 12—20° (для ковкого чугуна и стали средней твердости).

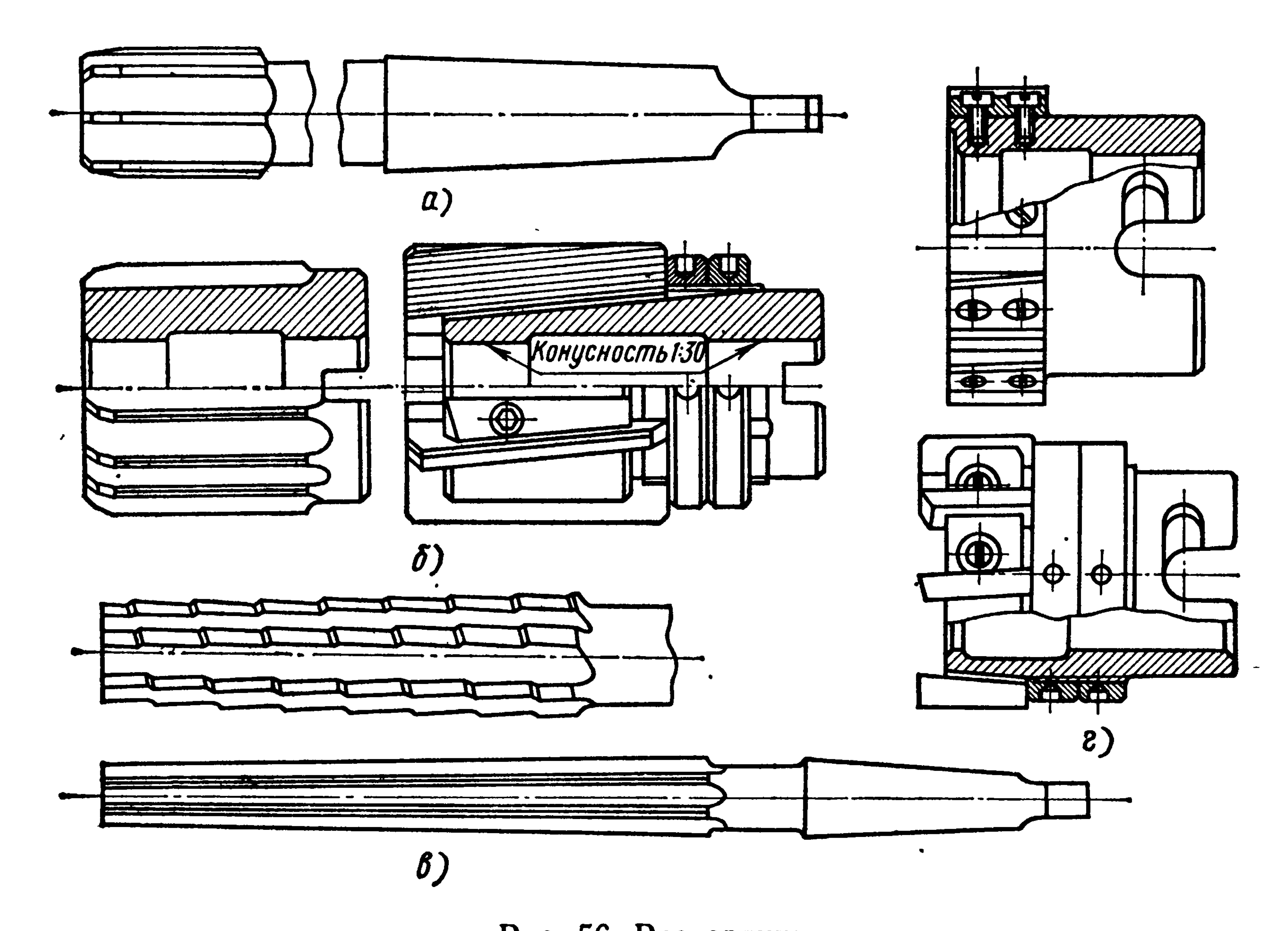


Рис. 56. Развертки:

а — цилиндрическая с коническим хвостовиком, б — насадная, в — коническая, г — специальная для борштанг

Для регулируемых разверток угол наклона канавки к оси 3°.

Схема заточки разверток для сквозных и глухих отверстий, размеры и геометрия заточки зуба разверток приведены в табл. 5.

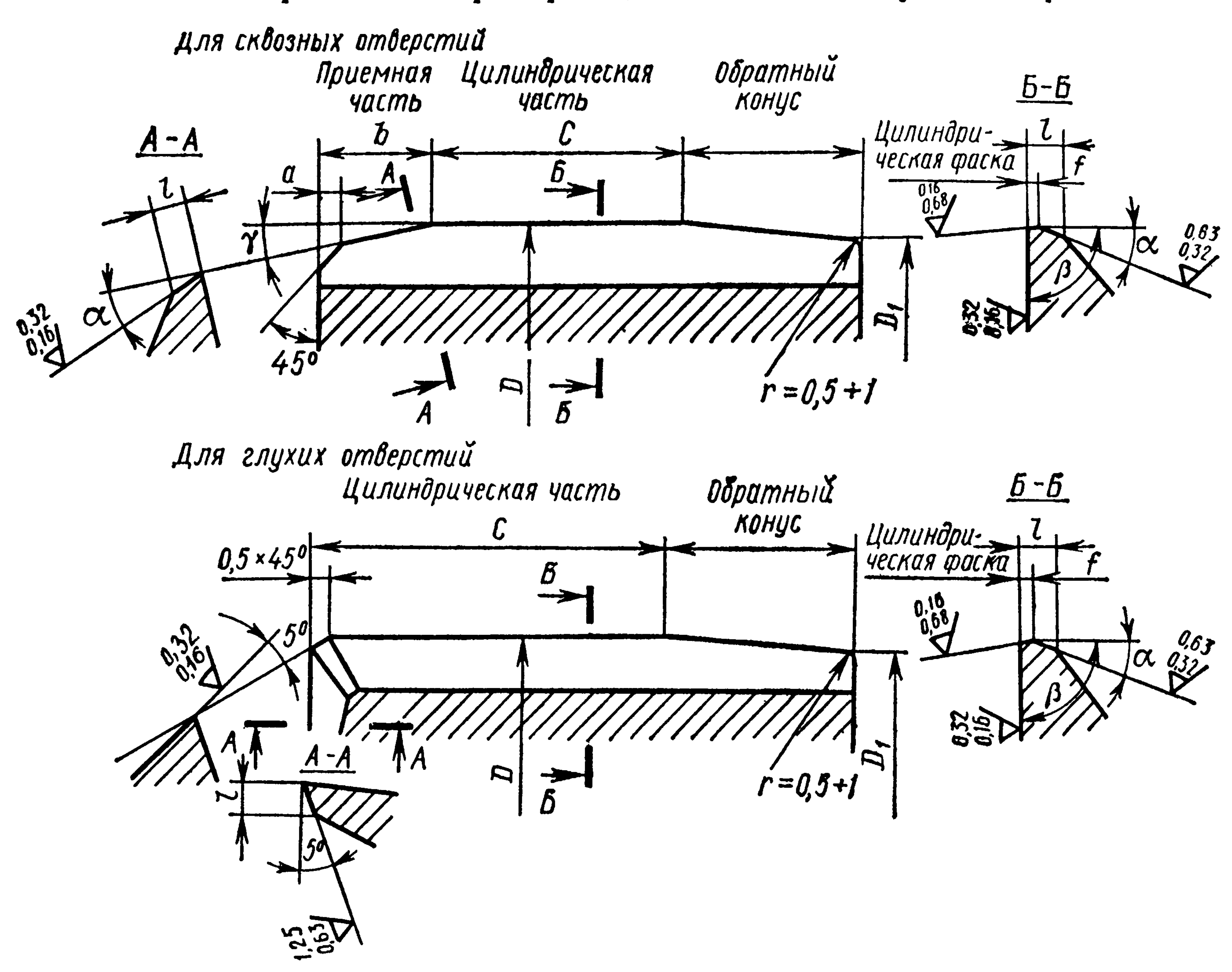
Режущие части разверток необходимо хранить в чехлах для предохранения зубьев разверток от забоин.

Допуски на исполнительные размеры диаметров разверток зависят от класса точности и характера посадки, а также от рода смазки (эмульсия или керосин).

Режущая часть сварных разверток выполняется из быстрорежущих сталей, хвостовик — из стали 45.

Регулируемая плавающая развертка конструкции В. М. Сергейчика для обработки отверстий диаметром 60—400 мм (рис. 57) состоит из двух ножей *2*, взаимно перемещающихся по шпонке *3* и скрепленных винтами *1* при упоре в винт *4*, положение которого регулируется в зависимости от заданного диаметра обрабатываемого отверстия.

5. Геометрия заточки разверток для сквозных и глухих отверстий



Для сквозных отверстий											Для глухих отверстий					
D	D_1	l	t	α°	для стали		для чугуна и бронзы		a	C	D	D_1	l	f	α°	C
					b	γ°	b	γ°								
До 6	D—0,02	0,4									3—6	D—0,02	0,4			10
			0,1—0,2	7	1		3		—	8	7—10			0,1—0,2	7	
6—10	D—0,025	0,6									11—18	D—0,025	0,6			12
11—18	D—0,03	0,8			2,5		6		1	12	19—30	D—0,03	0,8			14
19—30	D—0,035	1,2			3	15	7	4	1	18	31—50	D—0,035	1,2			20
31—50	D—0,04	1,5	0,2—0,3	5	4		9		1,5	20	51—80	D—0,04	1,5	0,2—0,3	5	25
51—80	D—0,05	2			5		12		2	25	81—100	D—0,05	2			30
81—100	D—0,06	2,5			5		12		2	30	101—120	D—0,06	2,5			35
											121—180	D—0,06	2,5			40
											181—200	D—0,06	2,5			40
												D—0,075	3,0			40

Развертка оснащена пластиками твердого сплава и ее калибрующие лезвия строго параллельны между собой и перпендикулярны боковым сторонам ножей.

Развертка применяется для калибрования отверстий консольными оправками и борштангами после предварительного растачивания отверстий и подрезки торцов расточными резцами.

Двухлезвийная развертка (рис. 58) предназначена для чистовой обработки отверстий диаметром от 100 до 500 мм 6—7-го квалитетов и 6—7-го классов шероховатости поверхности.

Комплект из семи таких разверток заменяет 40—60 разверток обычной конструкции, так как пределы регулирования однолезвийной развертки больше, чем обычной развертки, в 5—8 раз.

Двухлезвийная развертка имеет цилиндрический корпус *1* с базовой лыской на наружном диаметре и эксцентричным отверстием, в котором перемещаются державки *2* и *3* с запрессованными в них ножами *7*. На внутреннем конце державки *2* и гайке *5* нарезана трапецеидальная резьба с шагом 2 мм. Гайка *5* помещается в кольцевом пазу корпуса *1* с зазором по торцам не более 0,01—0,02 мм. На наружной конической поверхности гайки нанесены 100 делений с ценой 0,02 мм, а на цилиндрической поверхности гайки выполнена накатка и просверлены отверстия, которые используются при повороте гайки вручную или с помощью воротка.

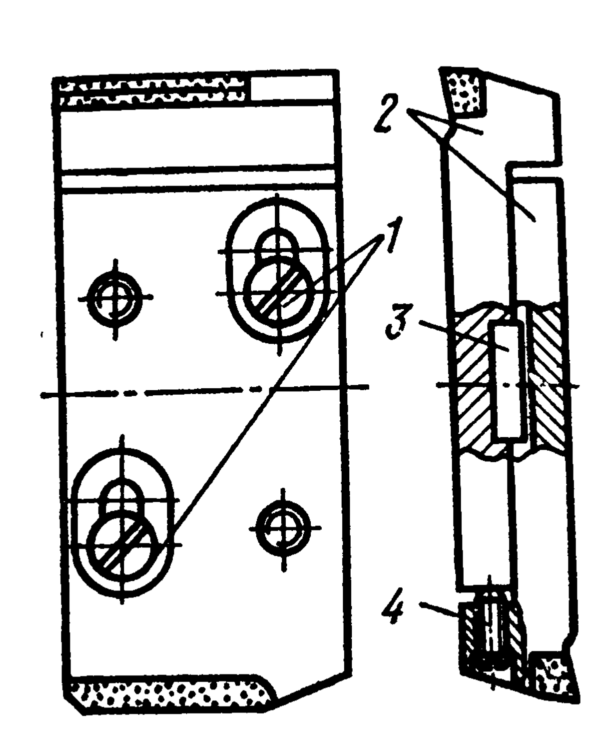


Рис. 57. Регулируемая плавающая развертка

Грубую настройку на требуемый размер производят выдвижением державки *3* вручную и закреплением ее винтом *4*, точная регулировка на размер диаметра отверстия производится поворотом гайки *5* по нониусу. Риски на цилиндрической поверхности державок соответствуют предельному выдвижению их из корпуса.

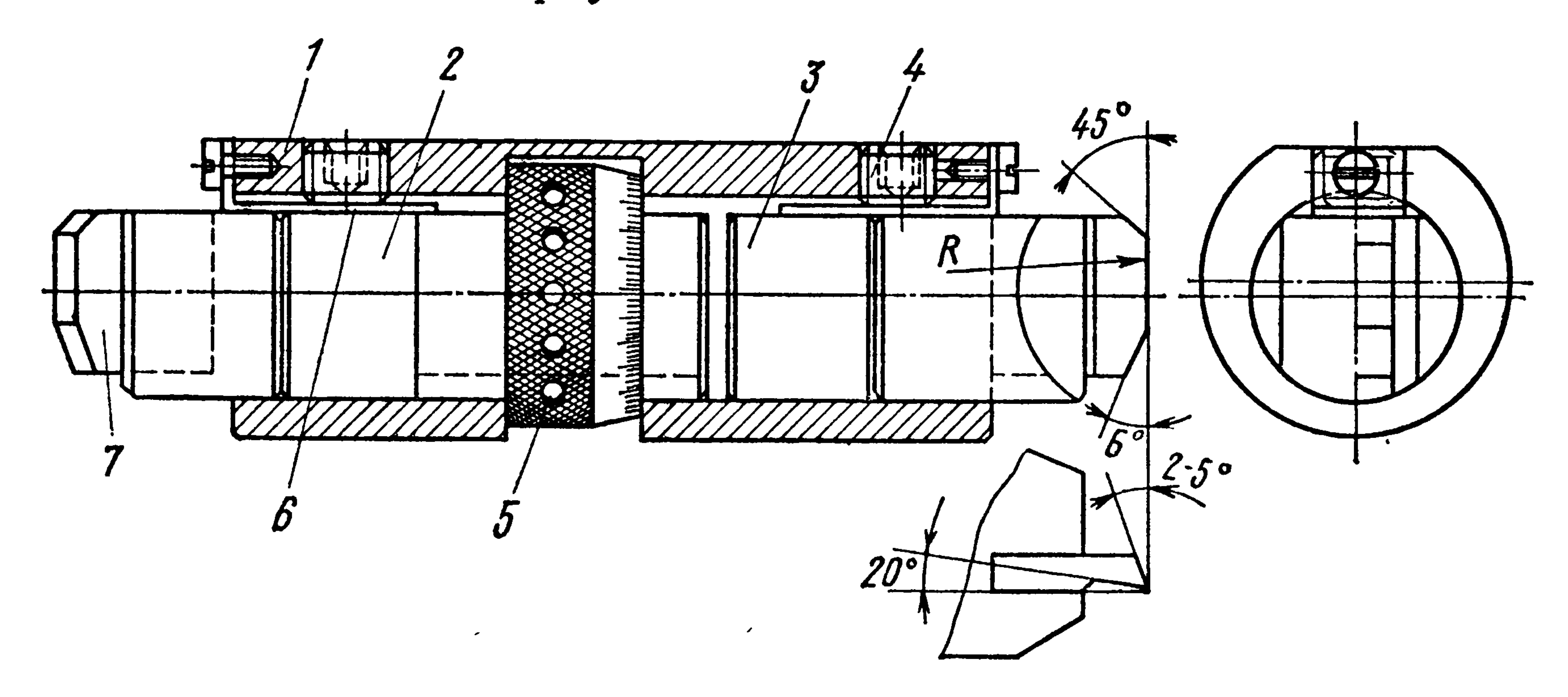


Рис. 58. Двухлезвийная развертка

Державки *2* и *3* имеют сквозные лыски, параллельные оси державок. Пружины *6*, лежащие на лысках и прикрепленные к торцам корпуса, предотвращают смещение державок при завертывании винтов *4*, притормаживают державки в момент регулировки размера и ликвидируют зазор в резьбовом соединении гайки *5* и державки *2*.

Ориентация развертки при установке ее на станке и при заточке режущей части ножей осуществляется с помощью базовой лыс-

ки на корпусе *1* в специальном приспособлении, которое обеспечивает заточку режущих кромок с радиусом кривизны от 200 мм и более и контроль биения заборной части с точностью до 0,01 мм.

Внедрение двухлезвийных разверток с оснасткой для их заточки позволяет уменьшить количество применяемых типоразмеров инструментов и применить предварительную настройку на размер с последующей корректировкой методом пробных ходов, повысить производительность труда при чистовом растачивании на 30—50%, сократить на 10—20% объем пригоночных работ при сборке и обеспечить высокое качество обработки.

§ 5. Фрезы

Фрезы предназначены для обработки открытых горизонтальных и вертикальных плоскостей, а также прямоугольных Т-образных и угловых пазов. Основные типы и размеры фрез (рис. 59):

цилиндрические со вставными ножами из быстрорежущей стали, составные, работающие в комплекте с числом фрез от 2 до 6;

дисковые пазовые трехсторонние с прямым мелким зубом;

дисковые трехсторонние со вставными ножами из быстрорежущей стали;

с ножами из твердого сплава;

Т-образные пазовые;

концевые с коническим хвостовиком, винтовыми канавками, оснащенные твердым сплавом;

торцовые с коническим хвостовиком и насадные со вставными ножами из быстрорежущей стали;

торцовые насадные со вставными ножами, оснащенными твердым сплавом;

торцовые ступенчатые с разделением припуска между ножами;

концевые обдирочные со стружкоразделительными канавками;

концевые шпоночные и пазовые;

угловые цельные и насадные.

Принимаются следующие параметры фрез с ножами из быстрорежущей стали.

Передний угол (в град):	
при обработке стали $\sigma_в < 600$ МПа	20
» » » $\sigma_в = 600 - 1000$ МПа	15
» » » $\sigma_в > 1000$ МПа	10
при обработке чугуна НВ < 1500 МПа	15
» » » НВ > 1500 МПа	10
Задний угол (в град):	
на цилиндрических зубьях	12—16
на торцовых зубьях	6—8

Торцовые фрезы с ножами, оснащенными твердым сплавом, имеют передний угол 6—12°, задний угол 15°, главный угол в плане 45—55°.

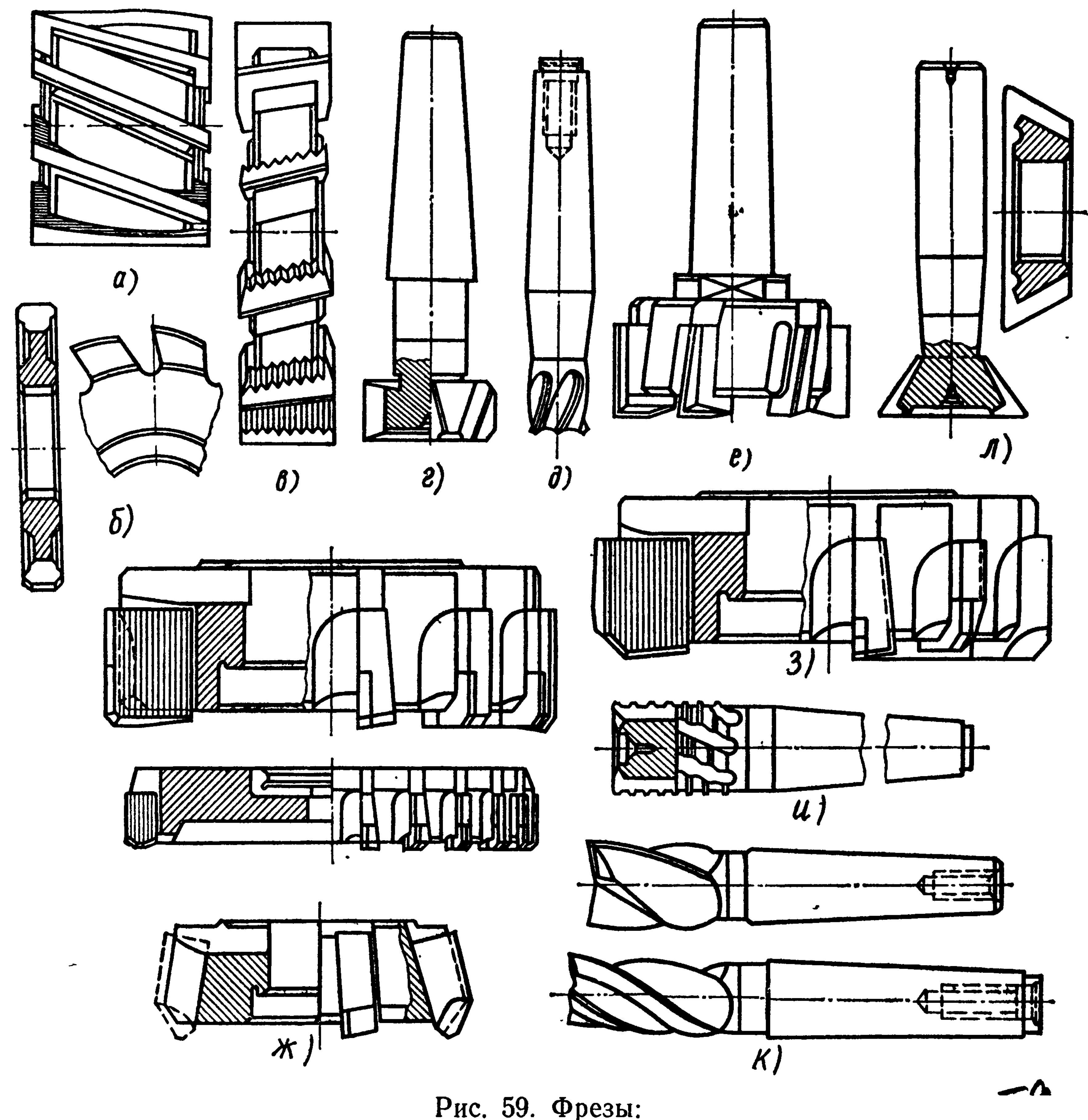


Рис. 59. Фрезы:

а — цилиндрическая, *б* — дисковая, *в* — трехсторонняя, *г* — Т-образная, *д* — концевая, *е* — торцовая с хвостовиком, *ж* — торцовые насадные, *з* — торцовая ступенчатая, *и* — концевая обдирочная, *к* — шпоночная и пазовая, *л* — угловая

Фреза конструкции новатора В. К. Семинского (рис. 60, *а*) имеет корпус *1* с продольными пазами, в которых закреплены упругие пластины *2* и разцы *4*, привернутые к пластинам *2* винтами *5*.

Пластины *2* опираются на регулируемые конические эксцентрики *7*, установленные на осях *6*, запрессованных в отверстия корпуса.

Настройка резцов *4* в осевом направлении производится по габариту *8*, хвостовик которого вставляется в центральное отверстие корпуса со скользящей посадкой.

Под действием пружин *3* вершины резцов прижимаются к торцу габарита, перпендикулярного оси фрезы, и в этом положении резцы *4* окончательно закрепляются винтами *5*.

По сравнению с известными торцовыми регулируемыми фрезами с механическим креплением пластин фреза Семинского имеет

Рис. 60. Фрезы конструкции В. К. Семинского:
а — с регулируемыми резцами, *б* — с регулируемыми секторами

преимущества: простота изготовления, большее количество резцов, размещенных в корпусе фрезы, возможность применения резцов с напаянными пластинами твердого сплава для обработки стальных и чугунных отливок.

Другая конструкция фрезы Семинского (рис. 60, *б*) также обеспечивает возможность настройки режущих кромок резцов с биением по диаметру и в осевом направлении в пределах 0,05 мм для получения поверхности высокого класса шероховатости и точности обработки.

Резцы *10* регулируют в радиальном направлении винтами *1* с пружинными шайбами *2* и винтами *3*. При этом секторы *4* поворачиваются в пазах корпуса фрезы относительно осей *5*, смещая резцы *10* в радиальном направлении. Резцы устанавливают по индикатору на специальной оправке с базой на центральное отверстие и торец корпуса фрезы *6*.

Резцы *10* закрепляют в державках *9* и регулируют в осевом направлении винтами *7* за счет деформации пружин *8*.

§ 6. Метчики

На расточных станках нарезание резьбы в отверстиях производится машинными метчиками или резьбовыми резцами.

Машинные метчики (рис. 61) используют для нарезания метрической резьбы от М6 до М52 мм, дюймовой резьбы от 1/4 до 2″, трубной резьбы от 1/8 до 2″ и конической резьбы до 1/16 до 2″.

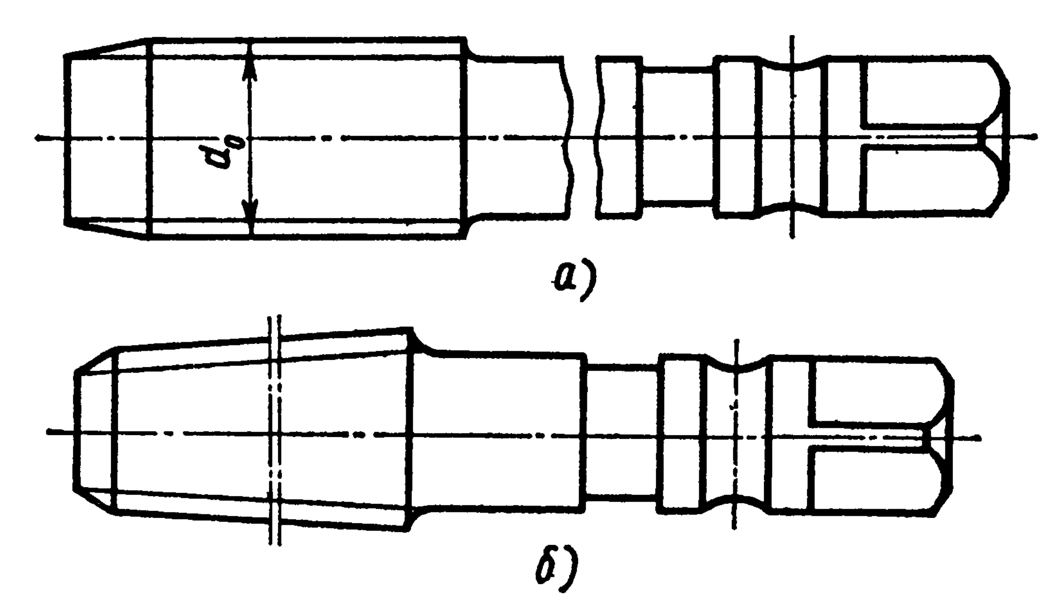


Рис. 61. Машинные метчики:
а — для цилиндрических резьб, *б* — для конических резьб

Резьбы большого диаметра нарезают сборными регулируемыми метчиками, размеры и конструкция которых не стандартизованы.

При нарезании резьбы длиной больше, чем диаметр резьбы в сквозных и глухих отверстиях, применяют комплекты из 2—3 метчиков. Номер метчика в комплекте обозначается количеством кольцевых рисок на диаметре его хвостовика. Последний метчик комплекта имеет полный профиль резьбы, а предыдущие — 0,6 или 0,8 высоты профиля.

§ 7. Комплекты расточного инструмента

Для обработки на расточных станках соосных отверстий корпусных деталей часто применяют специальные комплекты расточного инструмента, состоящие из специального и нормализованно-

го инструмента, оправок и борштанг. В спецификации такого комплекта указывается порядковый номер, наименование, количество, материал и обозначение инструмента. Кроме спецификации специального комплекта дается схема обработки, которая содержит изображение каждой позиции инструмента с указанием поверхностей и размеров обработки.

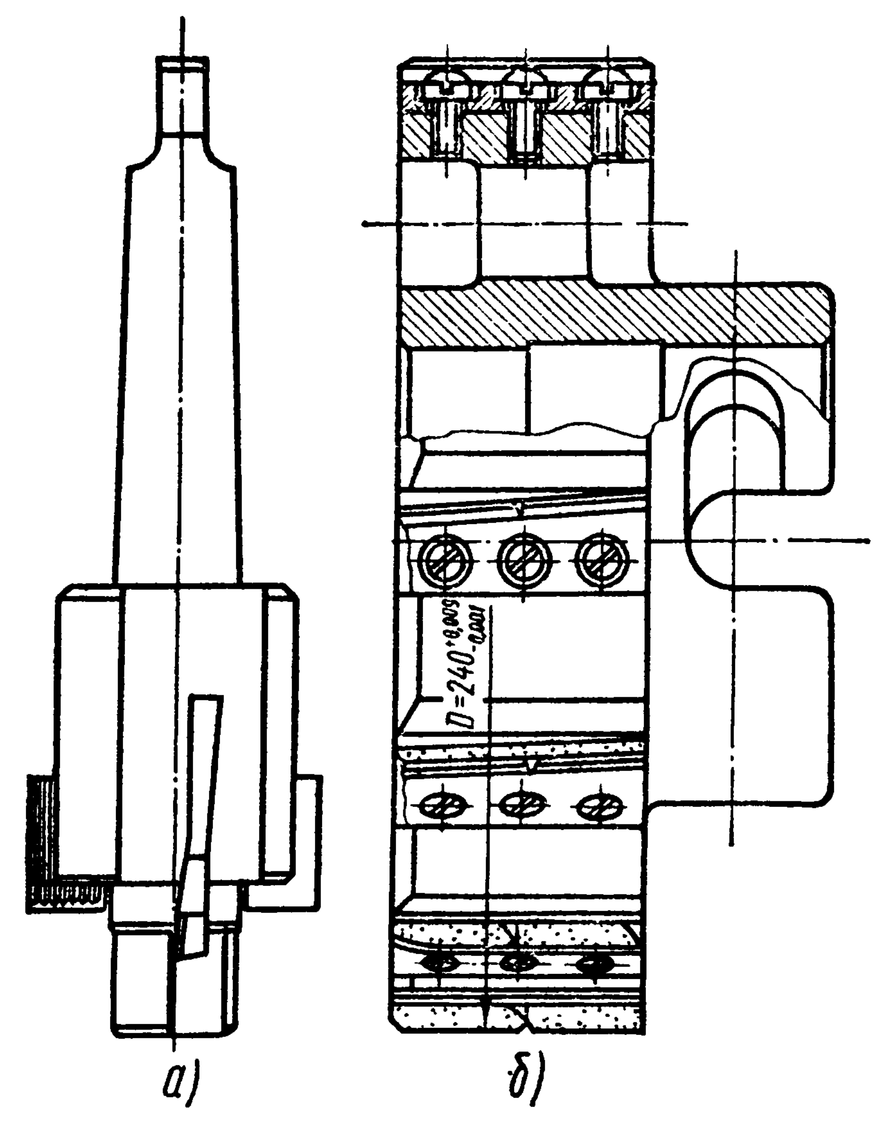


Рис. 62. Специальный расточный инструмент:

а — двухступенчатая цековка, *б* — развертка для борштанг диаметром 240П₁ с пластинками твердого сплава ВК8

Схема обработки дает наглядное представление о последовательности и содержании технологических переходов и характере применяемого инструмента, одновременно облегчая комплектование инструмента по технологическому процессу.

Специальный инструмент проектируется применительно к конкретным геометрическим формам и размерам обрабатываемых поверхностей детали. К числу специальных инструментов относят комбинированный инструмент, фасонные резцы, инструмент оригинальной конструкции и нестандартных размеров.

В качестве примера специального расточного инструмента на рис. 62, *а* изображена специальная цековка для одновременной обработки отверстий диаметром 72 и 41 мм с направлением по диаметру 32 мм, а на рис. 62 *б* — насадная развертка для борштанги диаметром $240П_1$ с пластинками твердого сплава ВК2 для обработки чугуна со смазкой керосином.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы расточных резцов и объясните их назначение.
2. Назовите основные элементы расточных блоков.
3. Какие углы заточки применяются для расточных резцов с пластинкой твердого сплава при обработке стали средней твердости, чугуна средней твердости?
4. Перечислите основные части и элементы сверла, формы заточки режущей части сверла.
5. В чем состоят правила заточки сверла?
6. Каково назначение зенкера, развертки?
7. Назовите основные виды разверток.
8. Какие углы заточки имеют торцовые фрезы, оснащенные твердым сплавом?
9. В каких случаях применяют специальные комплекты расточного инструмента?

Глава VI

ПРИНАДЛЕЖНОСТИ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РАСТОЧНЫХ РАБОТ

§ 1. Универсальные крепежные принадлежности

Универсальные крепежные принадлежности применяют для установки и крепления деталей на станках. Установка деталей производится с помощью мерных подкладок, угольников, упоров, домкратов, призм и подставок. Крепление деталей осуществляется прижимами, распорными винтами, прихватами, зажимными винтами с использованием шпилек и сухарей.

Мерные подкладки разной высоты (рис. 63, *а*) служат для опоры детали при установке ее на стол станка или к угольни-

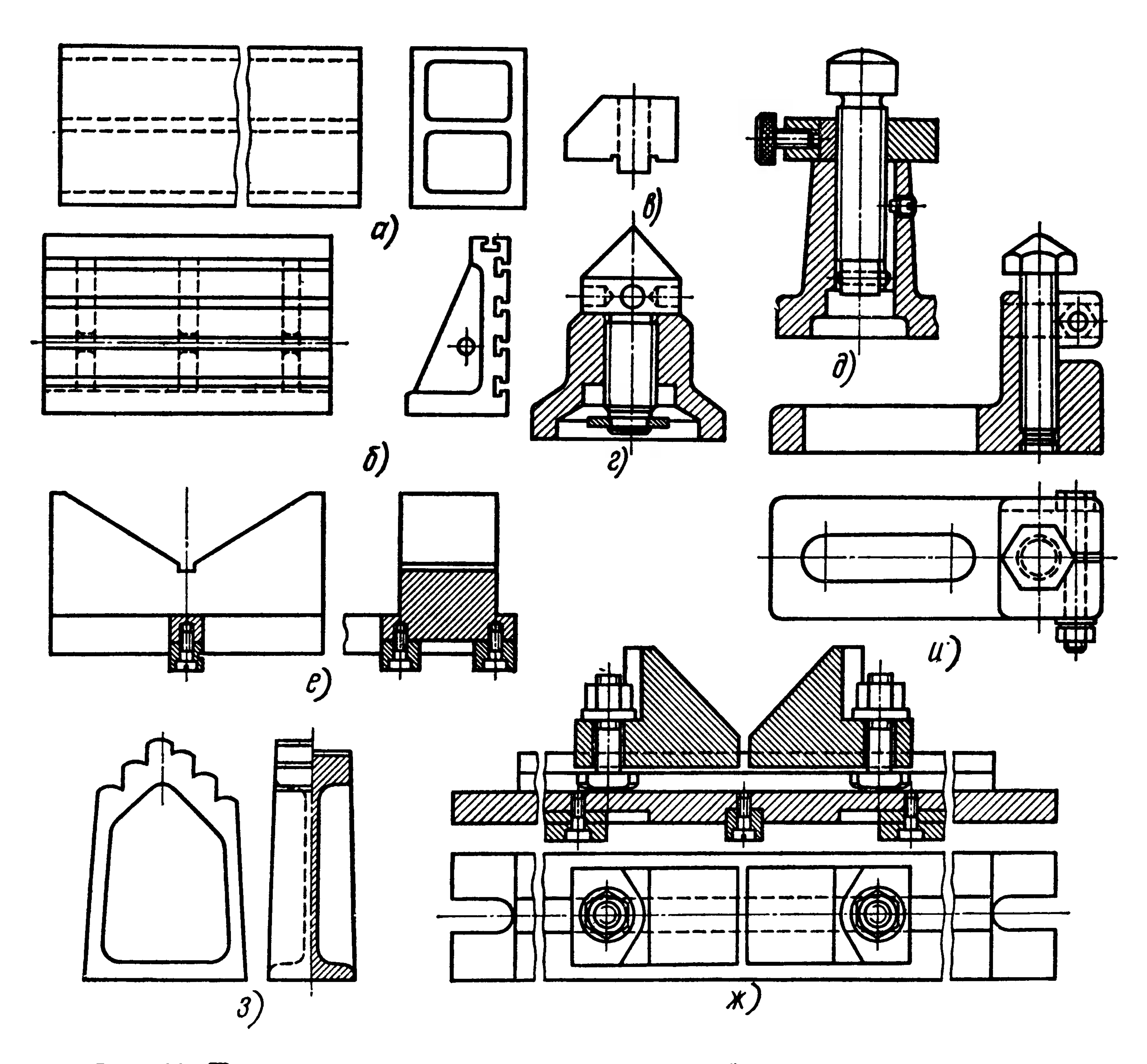


Рис. 63. Принадлежности для установки деталей на расточных станках:
а — подкладка чугунная, *б* — угольник, *в* — упор, *г* — домкрат для черных баз, *д* — домкрат для обработанных баз, *е* — призма нерегулируемая, *ж* — призма регулируемая, *з* — подставка ступенчатая, *и* — подставка раздвижная

ку. Подкладки изготовляют из закаленной стали или отливают из чугуна. Комплект подкладок одного размера выполняют в один размер по высоте и клеймят.

Угольники (рис. 63, *б*) служат для опоры и крепления детали к вертикальной плоскости. Угольники отливают из чугуна. Опорные плоскости обрабатывают строго под углом 90°.

Упоры (рис. 63, *в*) применяют для установки опорной плоскости детали параллельно пазам стола без дополнительной выверки деталей. Упоры закрепляют в пазах стола, после чего деталь с помощью клина или винтового прижима прижимается базовой поверхностью к упорам.

Домкраты (рис. 63, *г*, *д*) используют для установки деталей по черным (необработанным) базовым поверхностям и обработанным с выверкой по разметочным рискам. При наличии предварительно обработанных базовых поверхностей выверка производится по этим поверхностям. Конструкцию домкрата выбирают в зависимости от массы детали, характера базовой поверхности и требуемой точности выверки.

Призмы (рис. 63, *е*, *ж*) применяют для установки деталей с цилиндрической или радиусной базой и могут быть нерегулируемыми и регулируемыми. Регулируемые призмы допускают выверку по разметочным рискам, расположенным под углом 90°, когда базовые поверхности не обработаны или имеют разный диаметр. Ес-

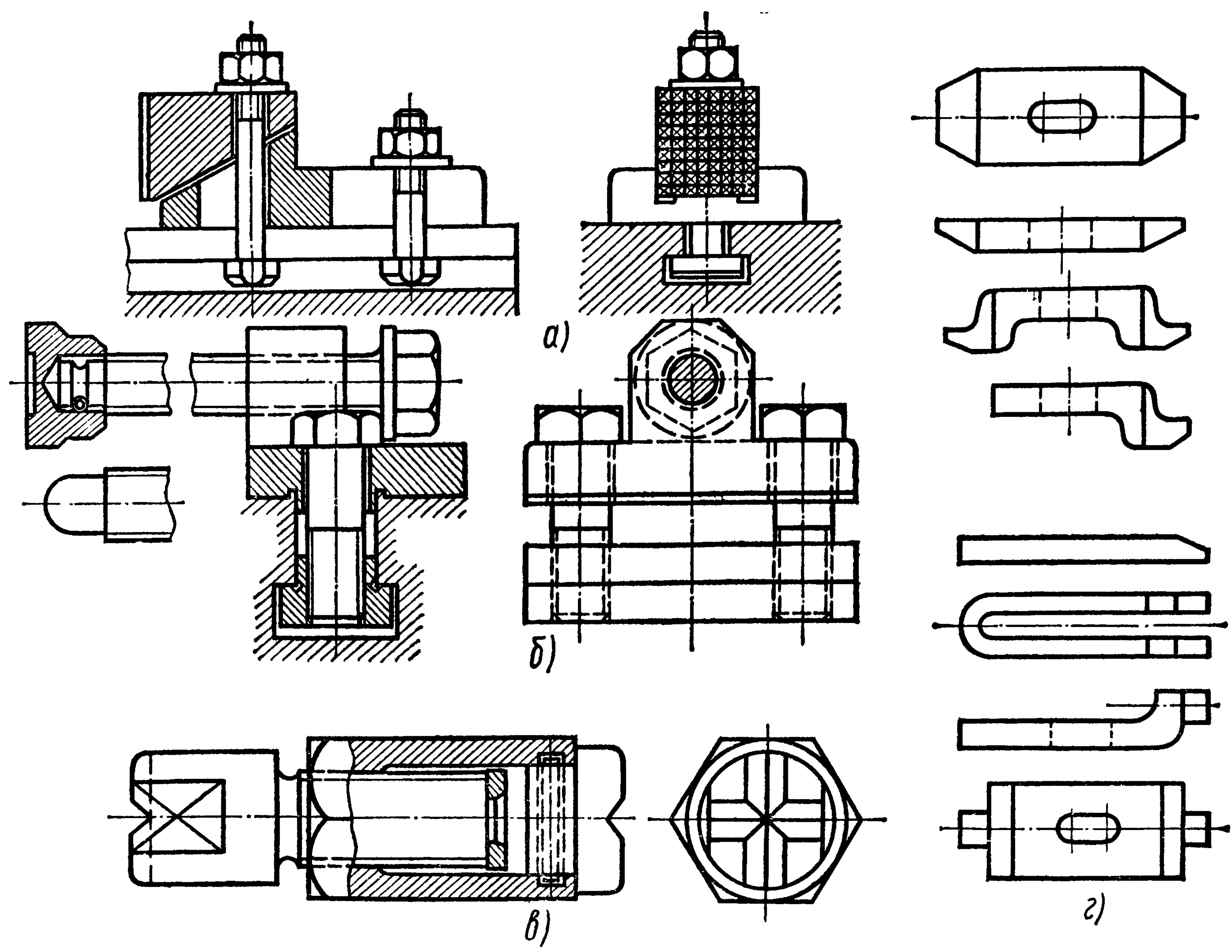


Рис. 64. Принадлежности для крепления деталей на расточных станках:
а — прижим клиновой, *б* — прижим винтовой, *в* — распорный винт, *г* — прихваты

ли базовые шейки обработаны и имеют одинаковый диаметр, применяют жесткие нерегулируемые призмы.

Подставки (рис. 63, *з*, *и*) являются опорой для прихватов. Комплект подставок можно уменьшить применением универсальных конструкций, допускающих регулировку высоты опоры.

Прижимы (рис. 64, *а*, *б*) применяют для крепления детали к упорам или столу. Винтовые прижимы обеспечивают поперечное крепление детали, а клиновые — поперечное и продольное.

Распорные винты (рис. 64, *в*) служат для установки и крепления деталей. Одним набором обеспечивается установка деталей высотой от 50 до 500 мм и более в зависимости от характера обрабатываемых поверхностей. При длине свыше 300 мм винты выполняются сварной конструкции с применением труб.

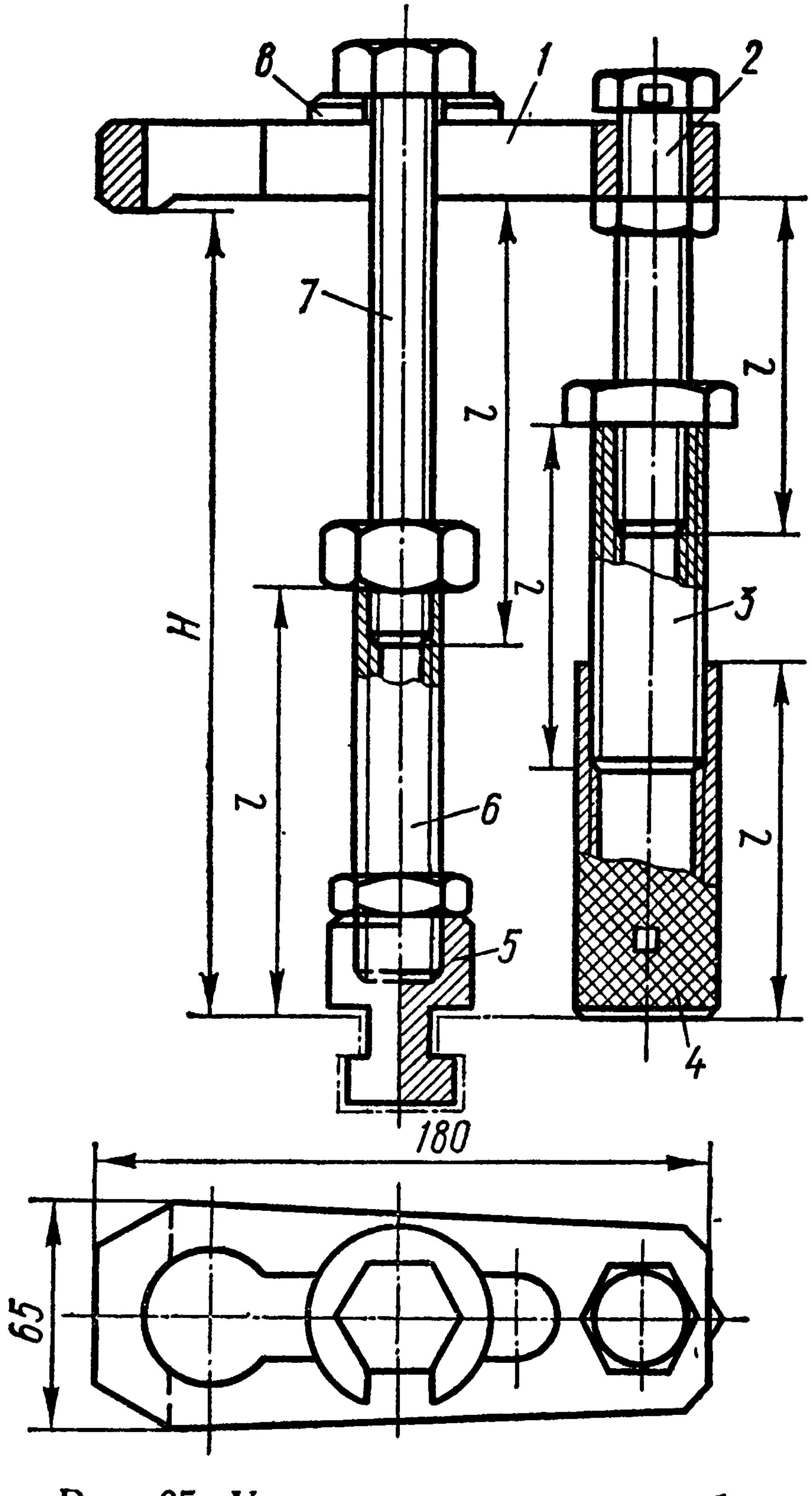


Рис. 65. Универсальное приспособление для крепления деталей

Прихваты (рис. 64, *г*) служат для крепления деталей.

Зажимные винты, шпильки и сухари также служат для крепления деталей. Их размеры зависят от размеров паза стола и детали.

§ 2. Универсальное приспособление для крепления деталей

В цехах с мелкосерийным и единичным характером производства обрабатываемые на расточных станках детали в большинстве случаев крепят непосредственно к столу станка при помощи различного рода прижимных планок, станочных болтов и подкладок. Подбор элементов крепления, нужных по размерам для данного случая обработки, занимает, как правило, много времени, даже если рабочее место обеспечено достаточным набором крепежных деталей.

На рис. 65 показано универсальное приспособление для крепления деталей к столу станка. Оно состоит из регулируемой опоры прихвата *1*, болта *2* и резьбовых трубок *3* и *4*, позволяющих регулировать крепление деталей высотой до 260 мм. Обрабатываемую деталь крепят болтом *7* с надставкой *6*, ввернутой в сухарь *5*, раз-

мер которого меняется в зависимости от размеров паза стола. Съемная шайба *8* увеличивает опорную площадь при затягивании болта 7. В прихвате сделано отверстие диаметром 40 мм, позволяющее снимать прихват, не вывинчивая болт из надставки *6*, что сокращает время при пользовании приспособлением. Регулирование высоты крепления *H* обеспечивается набором опоры из деталей *2*, *3* и *4* по размерам, указанным в табл. 6.

6. Размеры универсального крепежного приспособления

Наибольшая высота крепления *H*, мм	Номера деталей приспособления	Размер деталей *l*, мм
55	7, 2	55
85	6, 7, 2, 3	55
130	6,2 7,3	55 100
175	6, 7, 2, 3	100
260	4, 6, 2, 3 7	100 200

Для удобства эксплуатации таблицу помещают на заднем торце прихвата, а детали *2*, *3* и *4* клеймят на гранях под ключ.

Универсальное приспособление обеспечивает быстрое и удобное закрепление деталей различной высоты при минимальном количестве болтов, прихватов и ключей.

§ 3. Принадлежности для крепления в шпинделе станка инструментов, оправок и борштанг с коническим хвостовиком

Наибольшее распространение получили крепление и выколотка концевых инструментов, оправок и борштанг в шпинделе станка с помощью жесткого и инерционного клина (рис. 66).

В расточном шпинделе станка для этой цели имеются два окна: для клина, скрепляющего инструмент со шпинделем и клиновой выколотки, с помощью которой инструмент выбивается из конического гнезда шпинделя. Механический инерционный клин для выколотки инструмента из шпинделя станка обладает тем преимуществом, что выталкивание инструмента с его помощью производится одной рукой. Другой рукой рабочий может удерживать инструмент, предотвращая его падение.

Клиновое крепление инструментов на расточных станках имеет ряд недостатков: дополнительная обработка окна под клин в инструментах в случае их невзаимозаменяемости, нарушение точности посадки шпинделя в пинольной втулке из-за ударов молотка по клину и вибрации инструмента, снижение качества и производительности обработки, повышенный износ и сокращение сроков работы без ремонта.

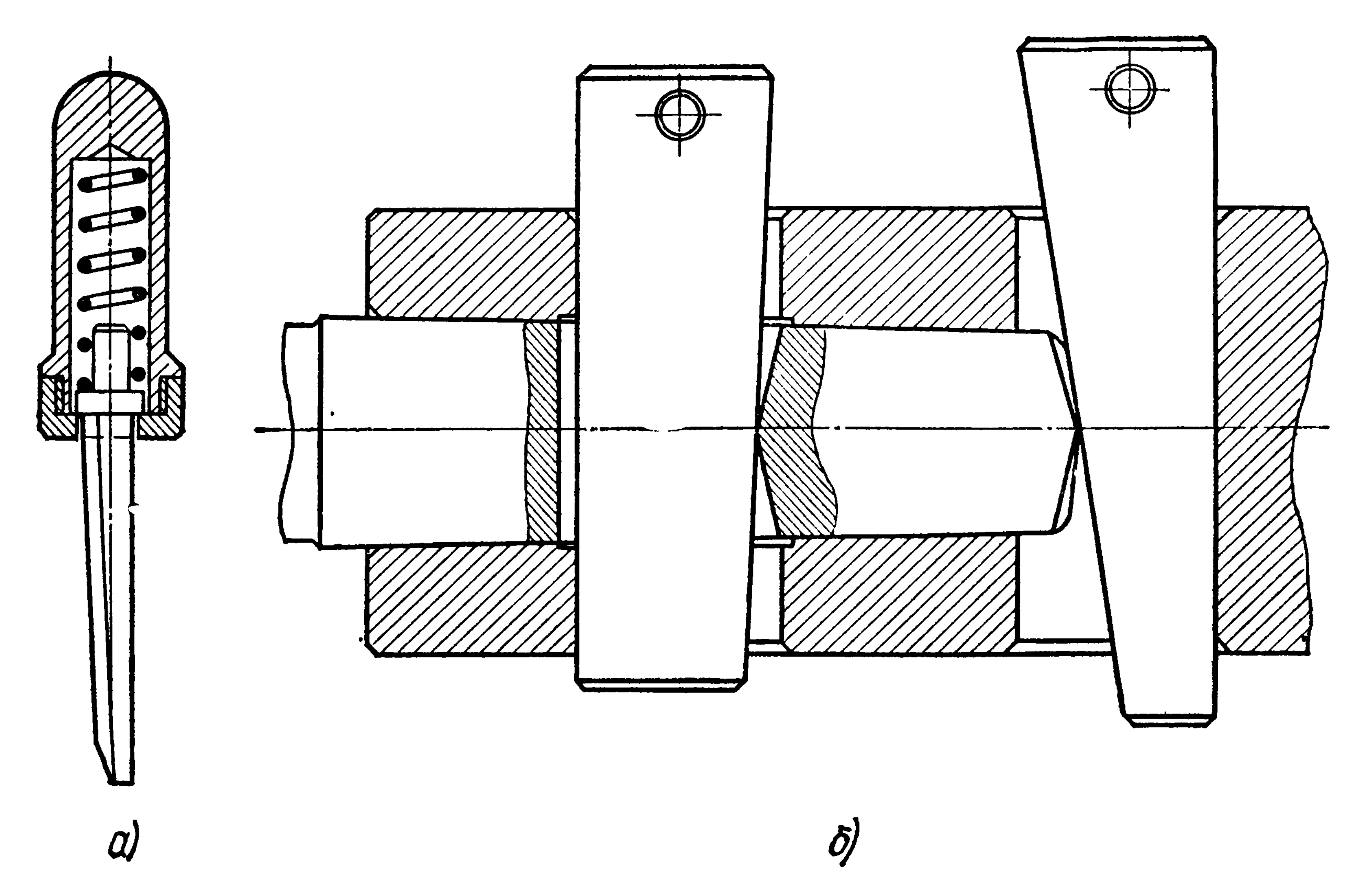


Рис. 66. Крепление в шпинделе станка инструментов с коническим хвостовиком с помощью:
а — инерционного клина, *б* — обыкновенного клина и выколотки

Усик инструмента или оправки переходника
Г
I
В
15 16 17
1 2 3 4
С
Н
II
14 13 12 11 10 9 8 7 6 5

Рис. 67. Бесклиновое крепление инструмента

Бесклиновое крепление инструментов, предложенное А. М. Фоменко, не имеет указанных дефектов. Пример бесклинового крепления консольной расточной оправки показан на рис. 67. Зажимное устройство состоит из корпуса *4*, резьбового кольца *3*, гайки *2*, винтов *1* и *6*, шпонки *8*, штифта *7* и стопора *5*. Кольцо *3* имеет левую резьбу, гайка *2* — правую. В кольце *3* выполнены проймы под заход усиков инструмента при установке в шпиндель (положение *I*) и после поворота и зажима (положение *II*). Корпус *4* с помощью наружного накидного ключа ввинчивается в гайку *2* до упора торца *Г* усика инструмента в уступ *В* кольца *3*, которое благодаря трению поворачивается некоторое время вместе с корпусом *4* и зажимает инструмент в конусе шпинделя торцом *С* кольца *3*.

Для освобождения инструмента корпус поворачивается в обратную сторону, при этом инструмент сначала выжимается торцом *Н* из конуса шпинделя, а затем поворачивается вместе с корпусом до совмещения усиков инструмента с проймой кольца.

Стопор *5* служит для предотвращения самоотвинчивания корпуса в процессе работы.

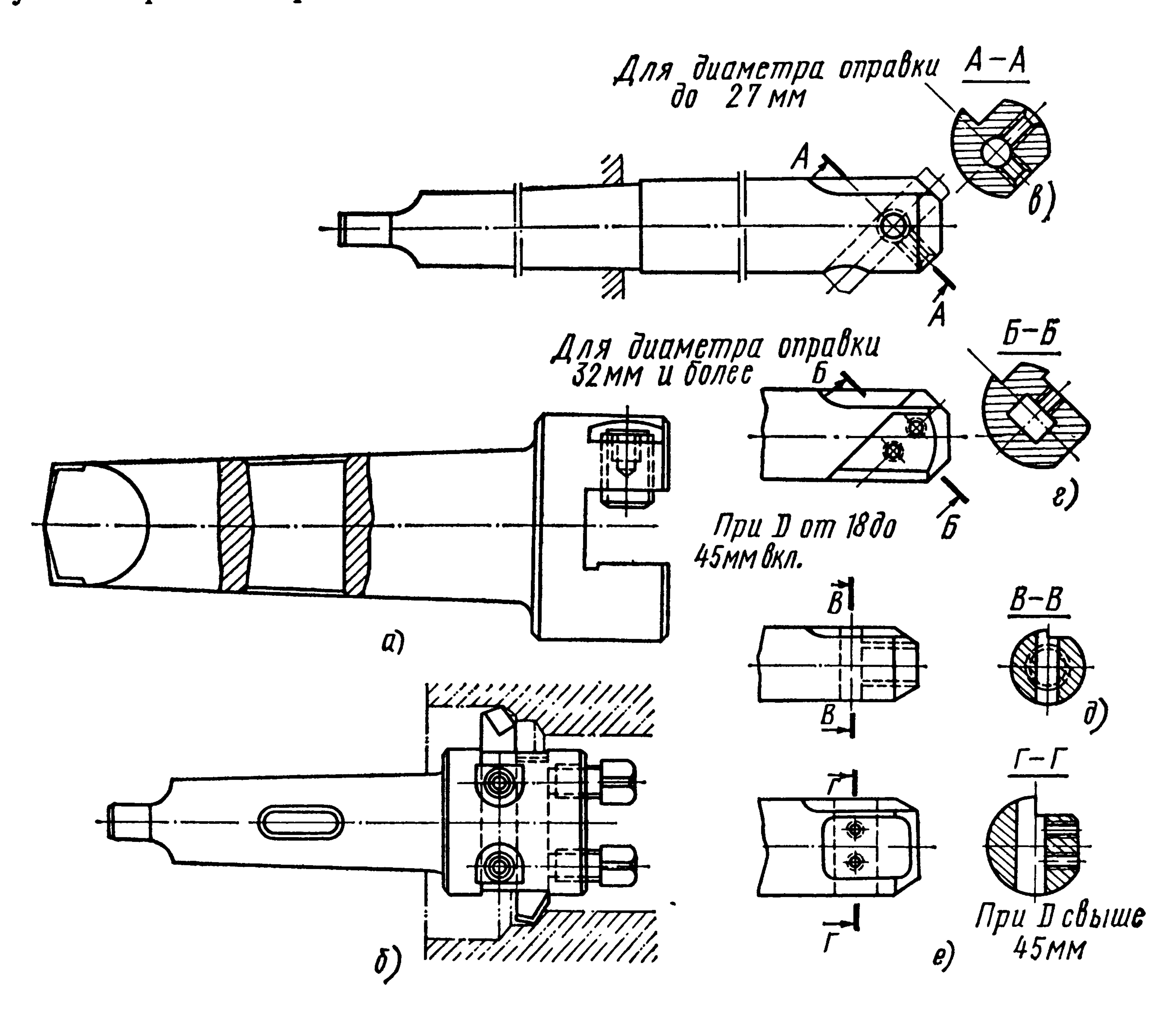


Рис. 68. Оправки для крепления расточных резцов:

а — короткая оправка для крепления одного резца, *б* — то же, для крепления двух резцов, *в* — удлиненная оправка с наклонным креплением резцов и круглым окном, *г* — то же, с прямоугольным окном, *д* — удлиненная консольная оправка с прямым креплением резцов и квадратным окном, *е* — то же, с прямоугольным окном

Переходник состоит из переходной втулки *9*, зажимного винта *10*, стопора *11*, винта *12*, пружины *13*, планки *14*, диска *17* и гаек *15* и *16*.

Консольная оправка (концевой инструмент или оправка с цанговым зажимом) предварительно вставляется в конус втулки *9* и зажимается винтом *10*, после чего вместе с переходником зажимается в шпинделе станка.

§ 4. Универсальные консольные оправки, борштанги и патроны для крепления инструмента

Короткие консольные оправки (рис. 68, *а*, *б*) предназначены для растачивания одним или двумя резцами отверстий, диаметр которых больше диаметра шпинделя.

Удлиненные консольные оправки (рис. 68, *в, г, д, е*) применяют для растачивания отверстий диаметром меньше диаметра шпинделя.

Расточные оправки и борштанги делают из стали 20Х или 40Х. В первом случае их цементируют и калят, во втором — подвергают поверхностной закалке токами высокой частоты по конусу и наружному диаметру. Окна для инструмента делают незакаленными.

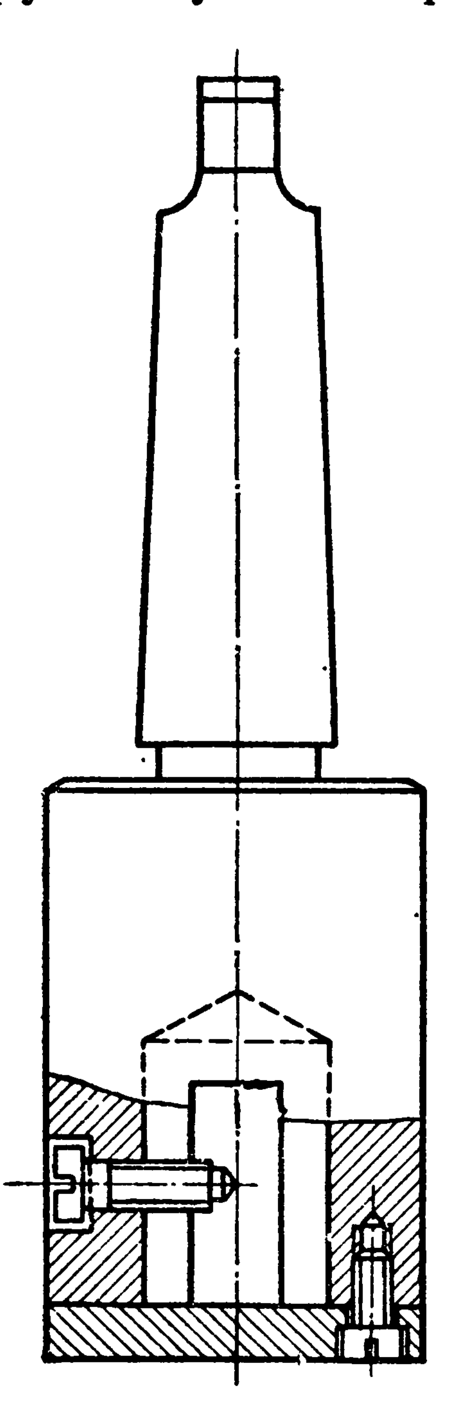


Рис. 69. Консольная оправка для крепления «плавающих» расточных блоков

При изготовлении оправок и борштанг соблюдают следующие технические условия: шероховатость обработки наружного диаметра и конуса 8-го класса, биение 0,02—0,04 мм, посадка движения по наружному диаметру направляющей части.

Консольные оправки имеют прямоугольные, квадратные или круглые окна для резцов, расположенных под углом 45 или 90° к оси оправки. Применяют также и консольные оправки для «плавающих» расточных блоков (рис. 69), которые допускают радиальное смещение блоков в окна оправки.

Оправки для насадных зенкеров и разверток с байонетным затвором на инструменте (рис. 70, *а*) или оправке (рис. 70, *б*) обеспечивают быструю установку и съем инструмента.

Для крепления режущих инструментов, имеющих конусный хвостовик, применяют переходные втулки-удлинители (рис. 70, *в*) длиной от 160 до 1600 мм, которые обеспечивают обработку отверстий с направлением через втулки приспособлений с ходовой посадкой 6—7-го и 8—9-го квалитетов.

Оправки для крепления насадных разверток с конусным хвостовиком (рис. 70, *г*, *д*) обеспечивают точное совпадение оси отверстия с осью развертки благодаря шарнирному соединению, допускающему поворот и смещение оси разверт-

ки относительно оси шпинделя, как это диктуется предварительно обработанным отверстием.

Шарнирная оправка с байонетным затвором (рис. 70, *д*) позволяет производить быструю смену инструмента, имеющего конус Морзе от № 3 до 5.

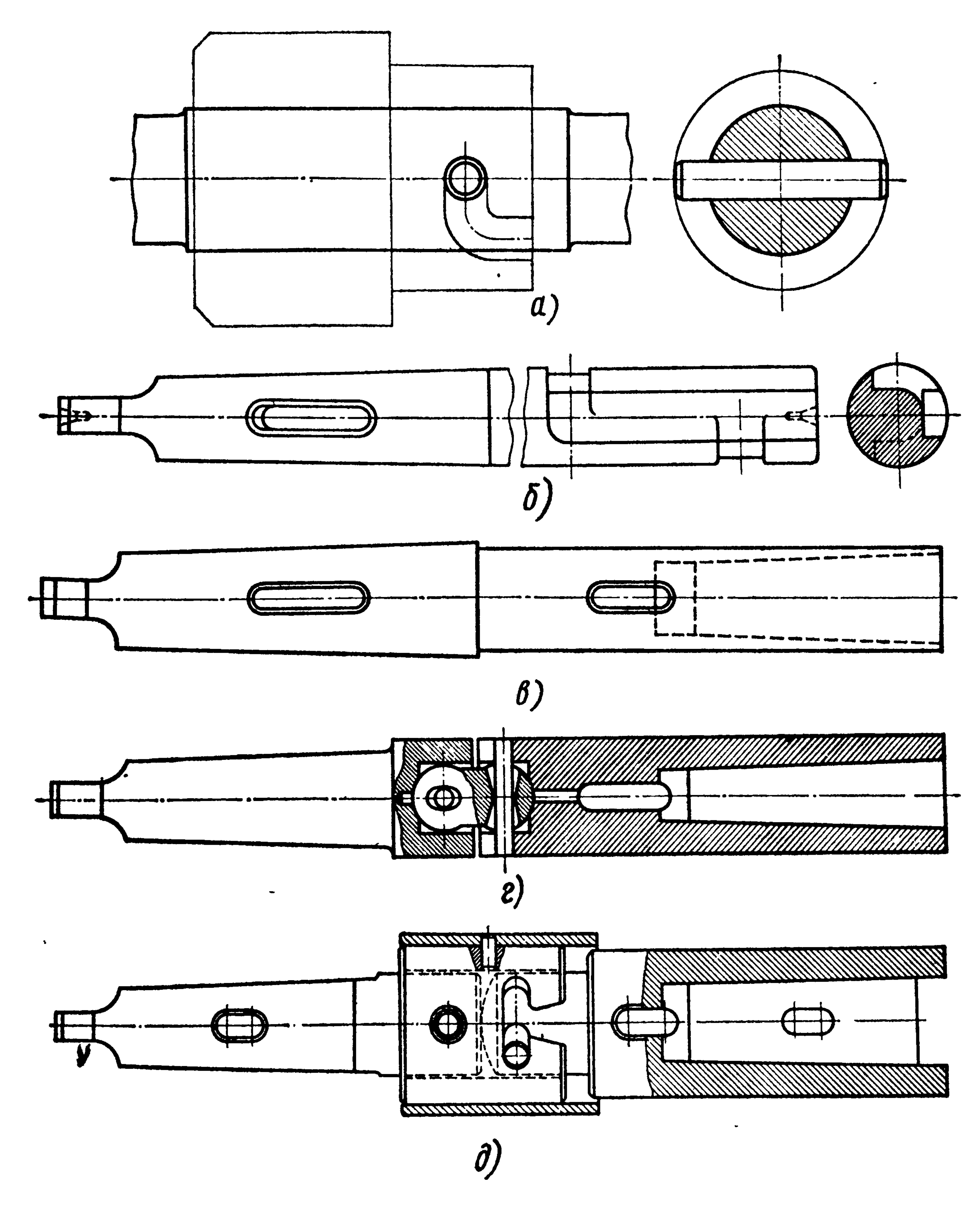


Рис. 70. Оправки для крепления зенкеров и разверток:

а — с байонетным запором на инструменте, *б* — с байонетным запором на оправке, *в* — удлинитель для инструмента с хвостовиком, *г* — качающаяся для разверток с хвостовиком, *д* — шарнирная быстросменная для насадных разверток

Борштанги для расточных работ с одним или несколькими окнами (рис. 71, *а*, *б*) закрепляются конусным хвостовиком в шпинделе и получают дополнительную опору и направление во втулках приспособления и задней стойки. Борштанги состоят из следующих

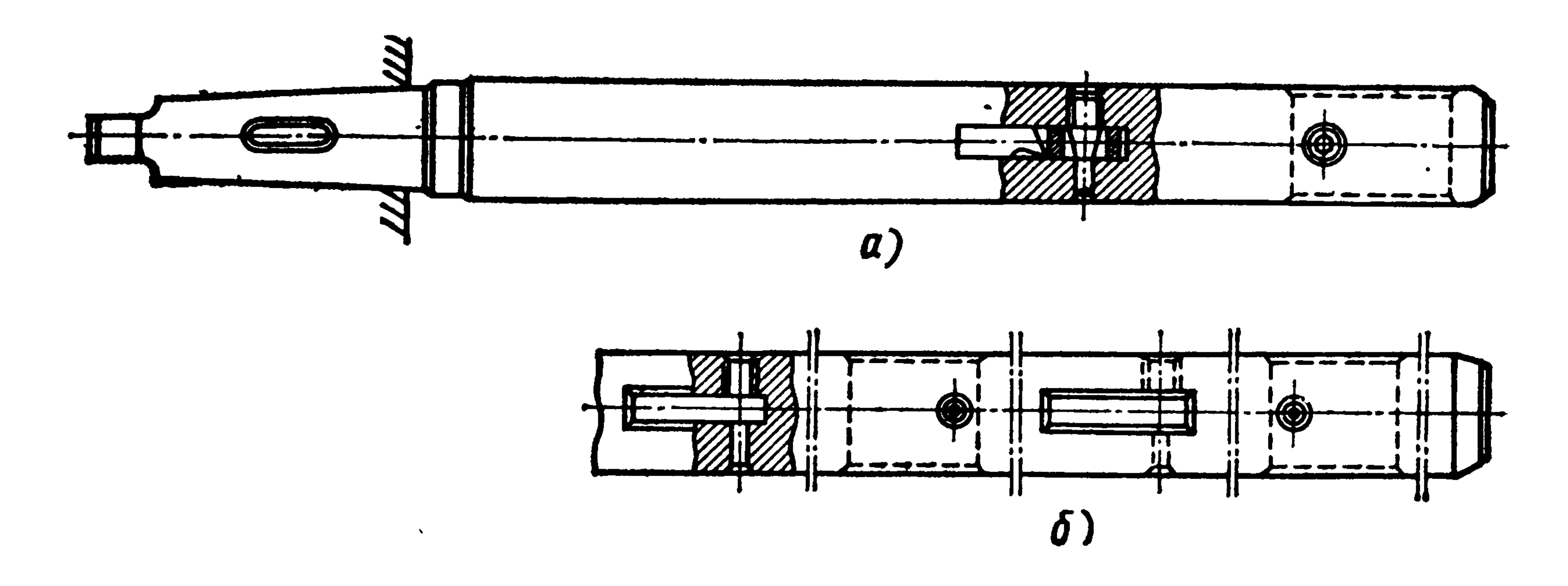


Рис. 71. Борштанги для расточных станков:
а — короткая с одним-двумя окнами, *б* — длинная с числом окон более двух

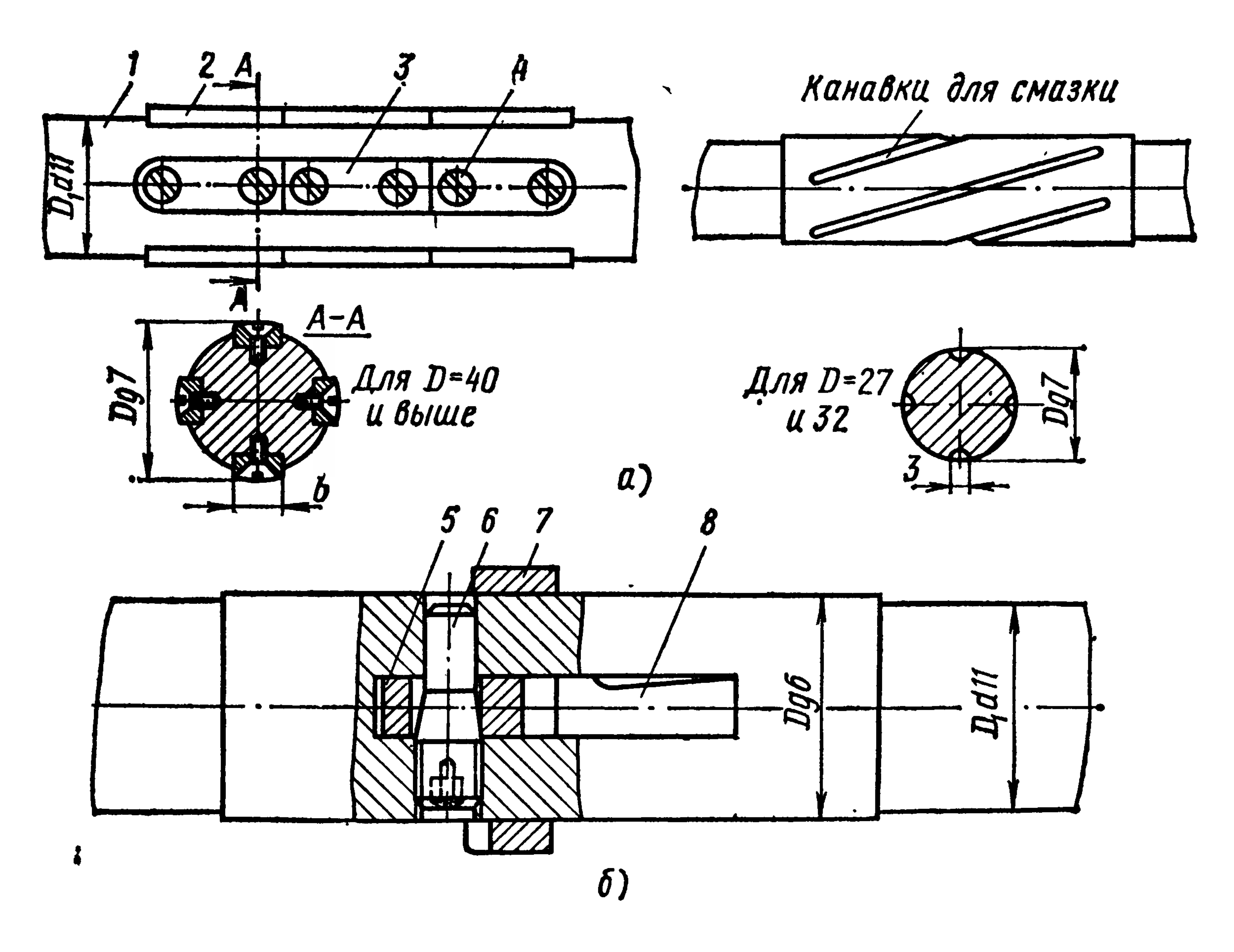


Рис. 72. Элементы борштанг:
а — основные части, *б* — крепление расточных блоков

основных элементов (рис. 72, *а*, *б*): собственно борштанги *1*, направляющих шпонок *2* и *3*, крепежных винтов *4*, конического винта *6*, сухаря *5*, расточного резца *8* и установочного кольца *7*. На направляющем диаметре борштанги фрезеруются винтовые канавки для смазки. Крепление расточных блоков на борштанге показано на рис. 72, *б*.

Для крепления на борштангах насадных инструментов применяется байонетный затвор с поводковыми сухарями (рис. 73).

Крепление в борштангах расточных резцов изображено на рис. 74.

Быстросменные патроны с шариком (рис. 75, *а*) обеспечивают быструю смену и закрепление инструмента с конусным или цилиндрическим хвостовиком без останова вращения шпинделя. При перемещении от руки втулки *1* до упора в кольцо *2* шарики *3* утопают в расточке втулки *1* и освобождают втулку *4* или *5* с инструментом. После замены инструмента втулка *1* опускается в нижнее положение, тогда шарики *3* заскакивают в сферические углубления втулки *4* или *5*.

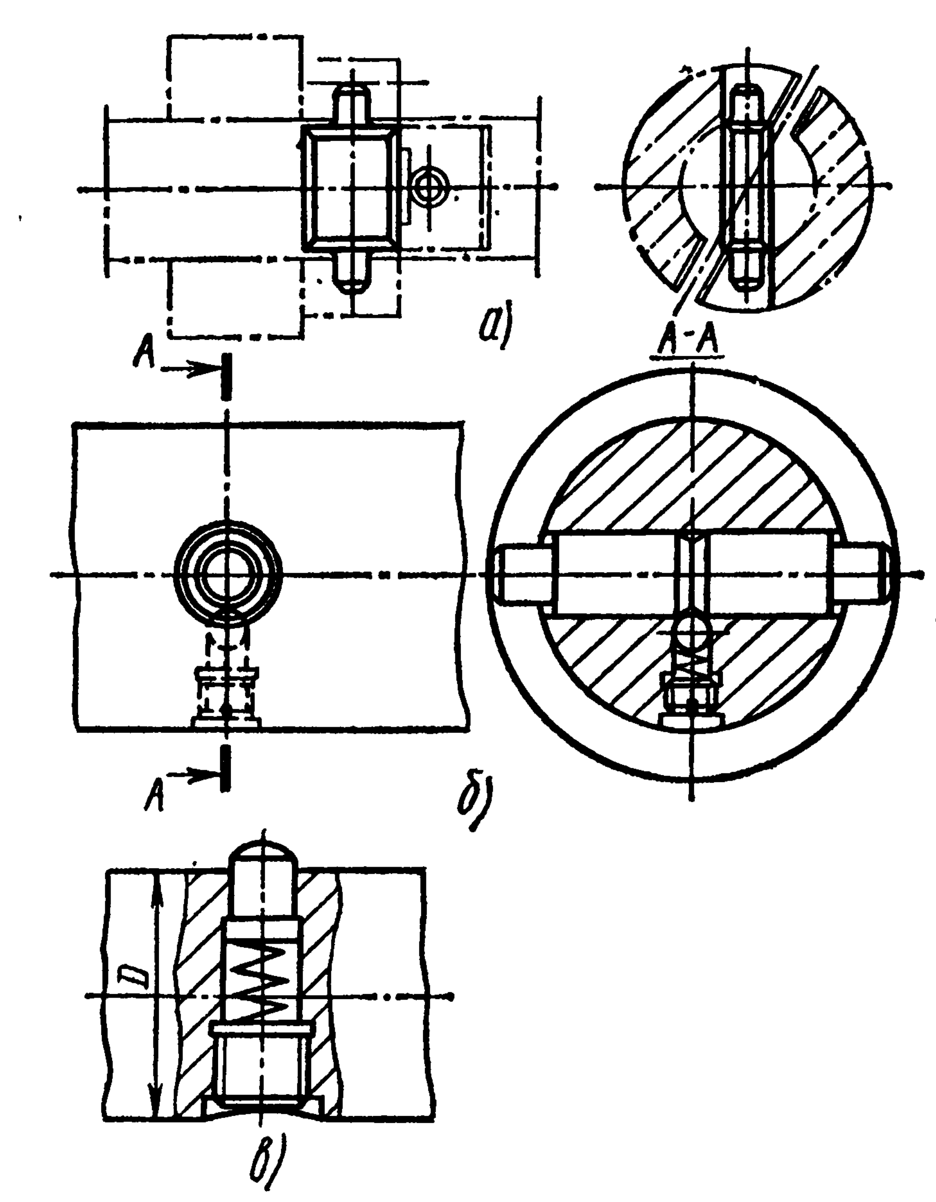


Рис. 73. Байонетный затвор с поводковыми сухарями:

а — плоскими, *б* — круглыми с шариковым фиксатором, *в* — круглыми, утопающими с пружиной

Патроны для крепления концевых фрез на расточных станках (рис. 75, *б*) состоят из переходной втулки *2*, в конусном отверстии которой крепится винтом *3* концевая фреза. Наружным конусом переходная втулка *2* вставляется в корпус патрона *4* и зажимается гайкой *1*.

Патроны для метчиков с предохранительной пружиной имеют два исполнения: с фрикционными дисками (рис. 75, *в*) — для резьб диаметром 6—10 мм и с торцовой муфтой (рис. 75, *г*) — для резьб диаметром 8—42 мм. При нарезании глухих резьб или перегрузке метчиков по другим причинам поломка метчика предупреждается сжатием пружины и взаимным перемещением фрикционных дисков или кулачковых муфт.

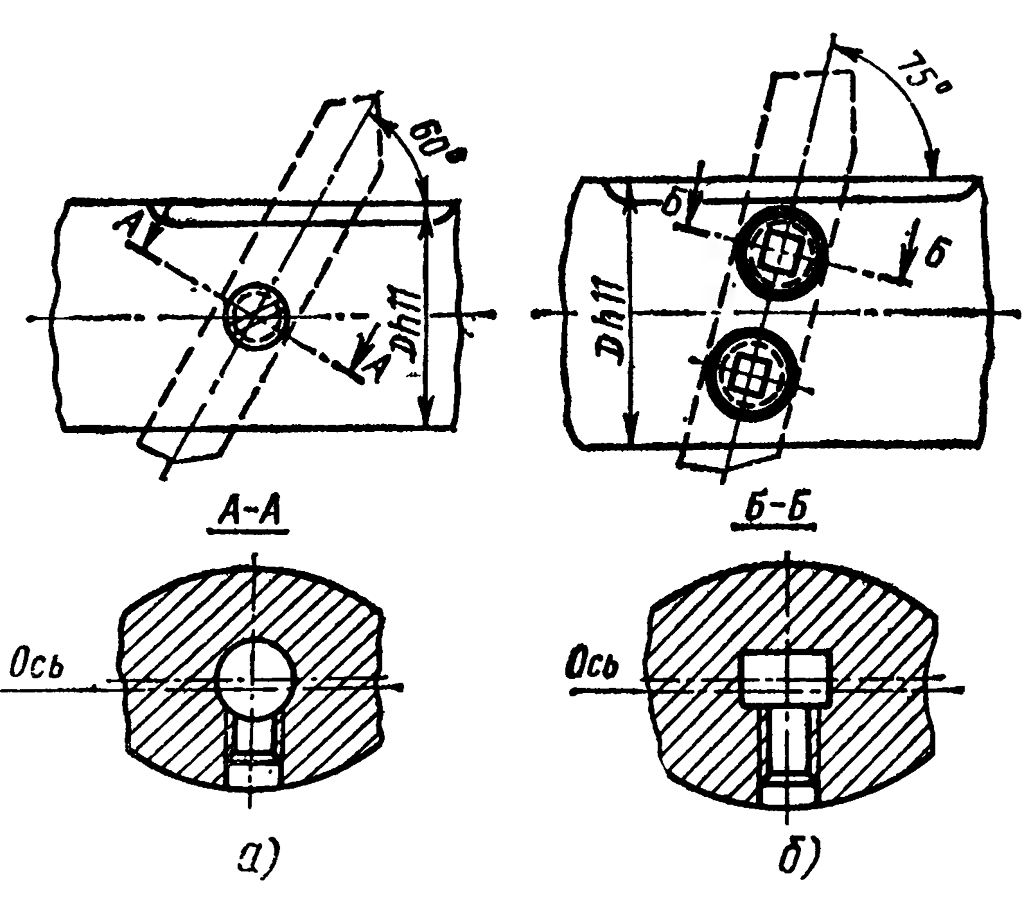


Рис. 74. Крепление резцов в борштангах:

а — круглых резцов, *б* — прямоугольных резцов

§ 5. Двухрезцовые головки и блоки

Обработка отверстия одним резцом малопроизводительна: мощность расточного станка при этом используется только на 15—20%. Кроме того, при обработке универсальной борштангой отвер-

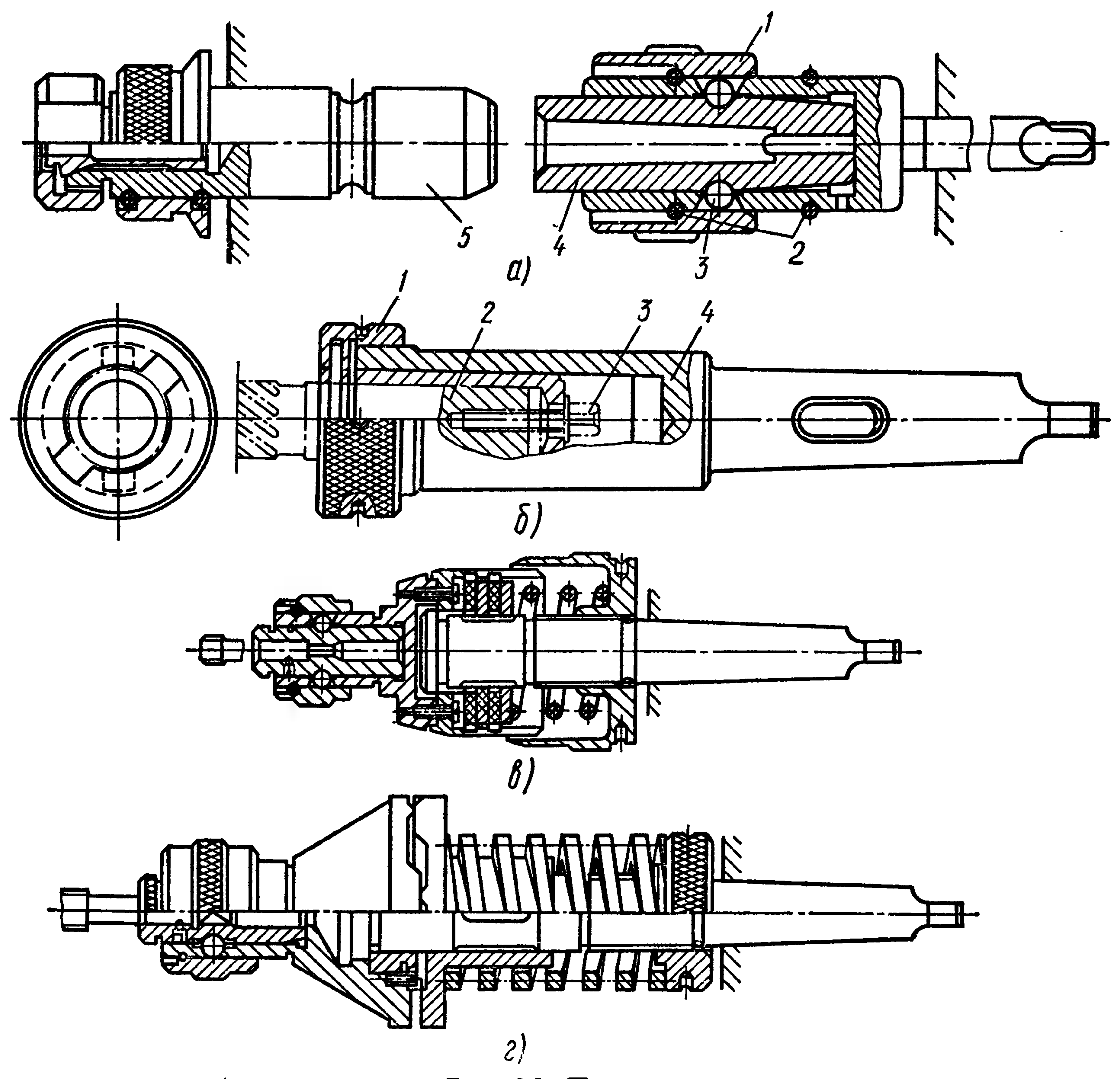


Рис. 75. Патроны:

а — быстросменные для крепления инструмента, *б* — для крепления концевых фрез, *в* — для крепления метчиков М6—М10 с предохранительной пружиной и фрикционными дисками, *г* — для крепления метчиков М8—М42 с предохранительной пружиной и торцовой муфтой

стий различного диаметра приходится увеличивать вылет резца при переходе от меньшего диаметра к большему, что снижает жесткость инструмента и режим резания. Одностороннее крепление нескольких резцов в одной борштанге при расточке соосных отверстий приводит также к появлению вибраций и заниженным режимам резания. Все это говорит о том, что необходимо применять многорезцовый (обычно двухрезцовый) режущий инструмент с диаметрально противоположным креплением резцов, при котором радиальные усилия, действующие на оправки или борштангу, взаимно уравновешиваются.

Двухрезцовый инструмент применяется двух типов: концевые, или насадные, головки с креплением в конусе шпинделя; разъемные блоки и расточные головки с креплением на борштанге и опорой в задней стойке.

Двухрезцовая концевая головка (рис. 76) предназначена для обработки отверстий диаметром 75—130 мм. Конус головки шлифуют после запрессовки пробки *1* в корпус *2* и притирки центров. Предварительная установка резцов под заточку на определенный диаметр производится по штангенциркулю от наружного диаметра пробки с упором резцов в торец винтов *3*. Головка может быть выполнена для работы с разделением припуска между резцами или как двухрезцовый инструмент с заточкой на один диаметр.

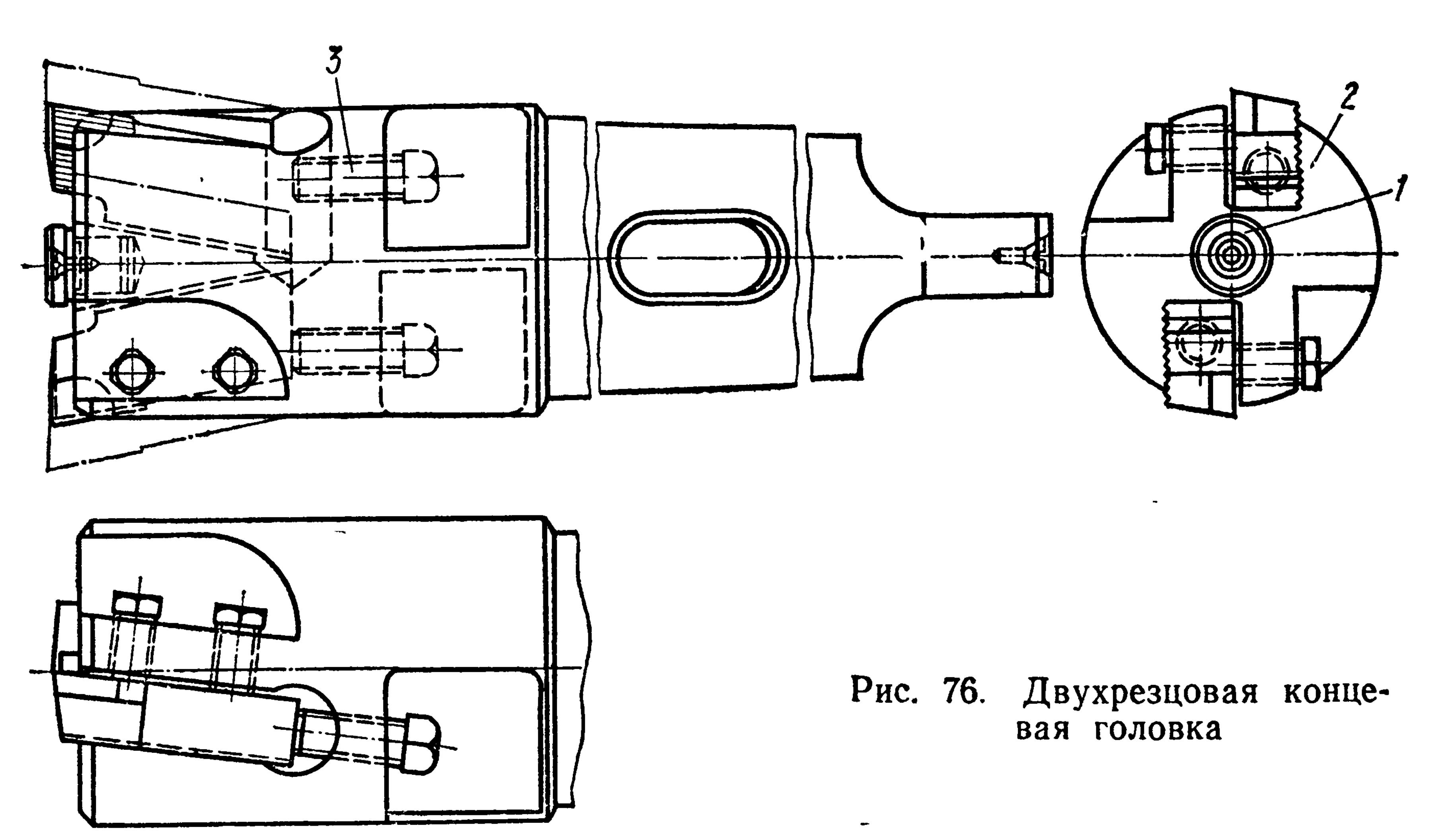


Рис. 76. Двухрезцовая концевая головка

Разъемные блоки (рис. 77) служат для расточки отверстий диаметром 130—235 мм. Подрезные резцы блоков предварительно устанавливают по диаметру и торцу на заданный размер; при этом возможно разделение припуска по диаметру и торцу между ножами. Преимущества разъемных блоков состоят в том, что они допускают обработку ряда соосных отверстий как по диаметрам, так и по торцам, просты по конструкции, настройке и эксплуатации, универсальны, так как каждый блок регулируется по диаметру в пределах 10—60 мм, имеют высокую жесткость крепления самих блоков и резцов.

Разъемные блоки закрепляются на оправке с помощью подвижной шпонки *8*, которая имеет радиальное перемещение в окне верхней части блока *1* под действием пружины *7*. Резцы *5* могут быть установлены в пределах от 130 до 235 мм по диаметру и от 6 до 8 мм по торцу с помощью регулировочных винтов *3* и стопорных винтов *12*. При износе резцов блока перешлифовка их производится после перестановки по диаметру за счет рифления на задней грани.

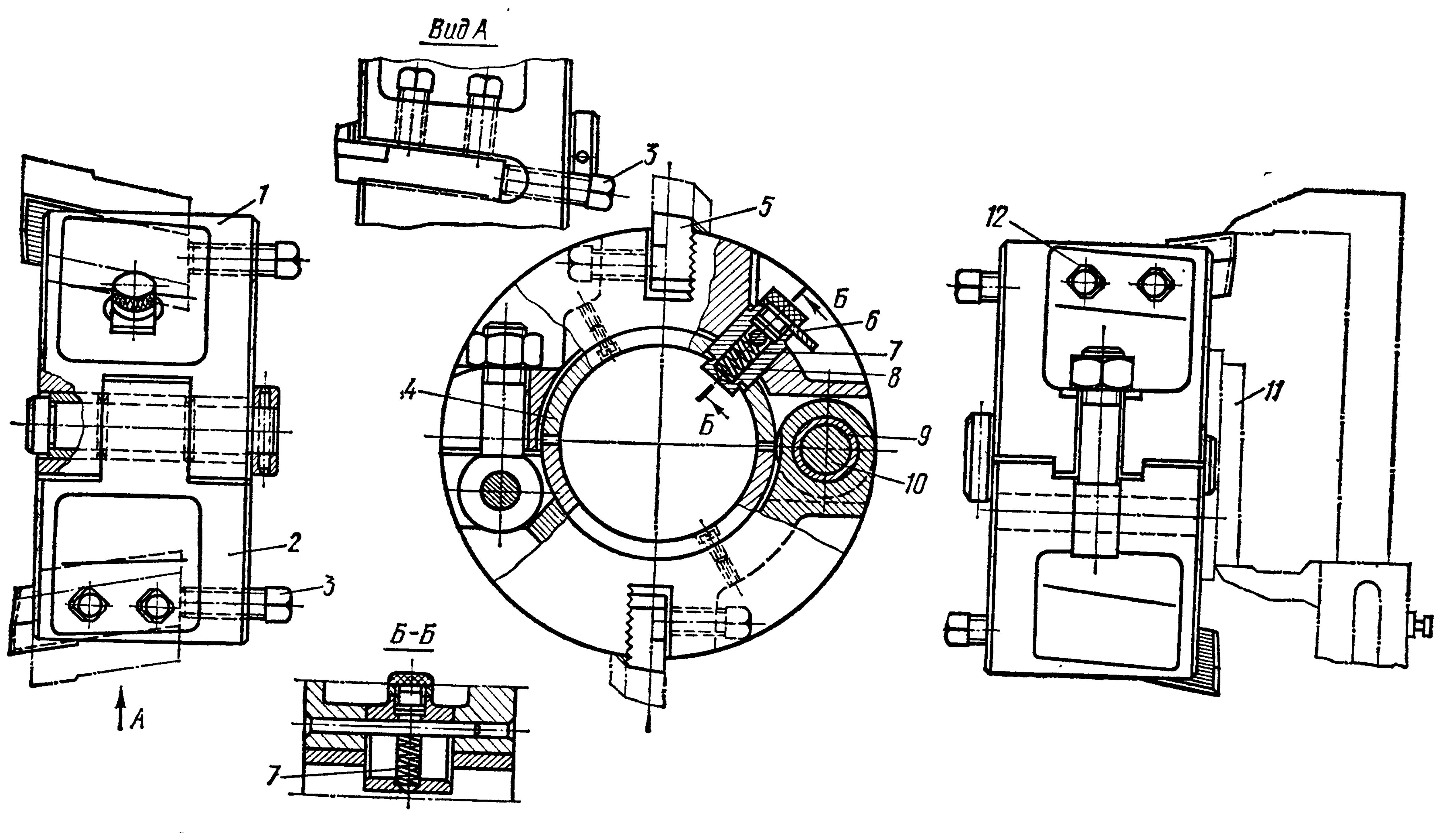


Рис. 77. Разъемный блок для растачивания отверстий диаметром 130—235 мм

Полукольца *4* образуются при разрезке закаленной и шлифованной втулки. Верхняя часть блока *1* соединяется с нижней его частью *2* втулкой *9* и осью *10*. Установка резцов на требуемый

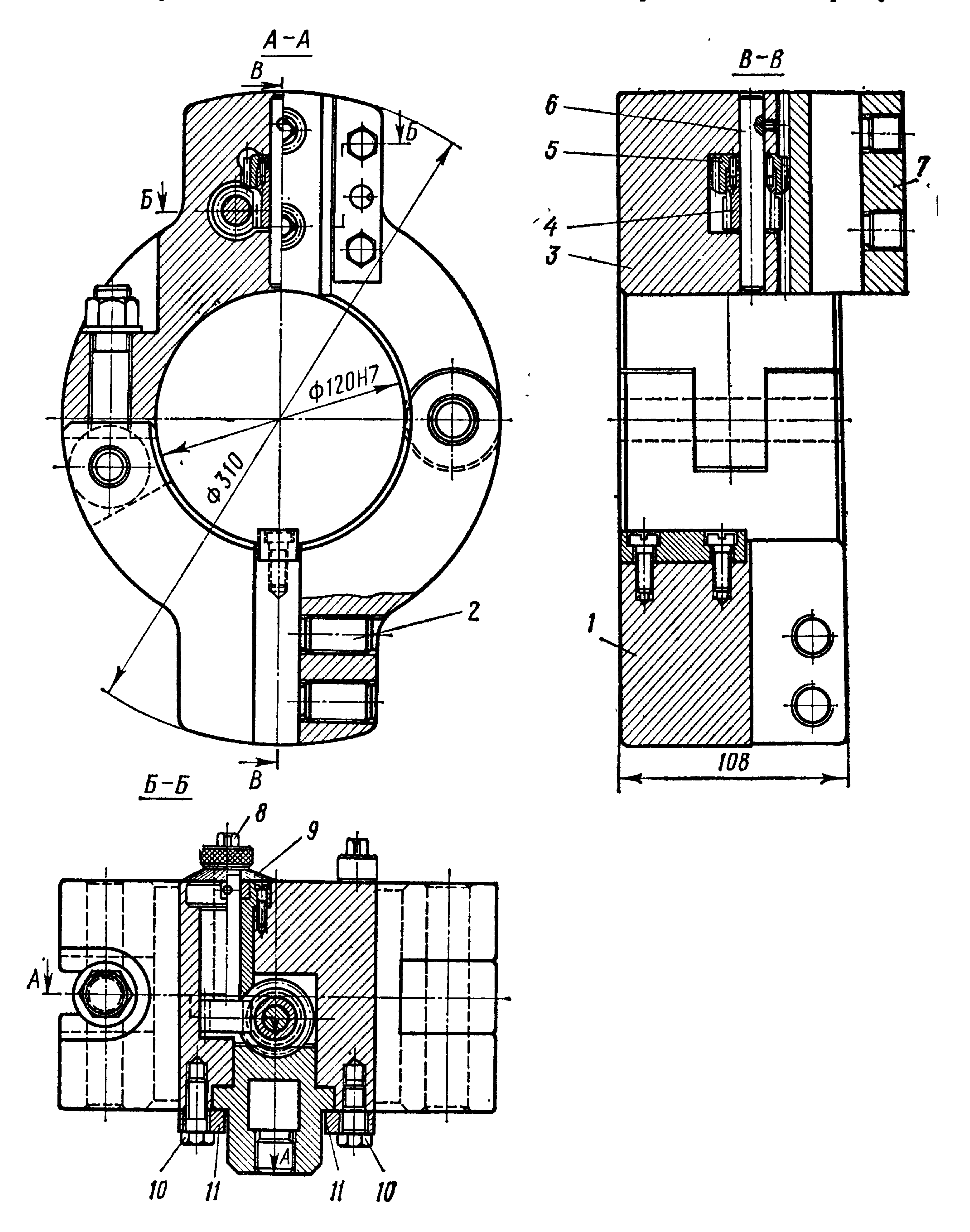


Рис. 78. Разъемный блок для растачивания отверстий диаметром 350—450 мм

диаметр производится по штангенциркулю или микрометру с использованием установочной пробки *11* и регулировочных винтов *3*. Расточный блок может быть настроен и использован с разделением припуска на два резца или как двухрезцовый зенкер. В послед-

нем случае заточка ножей производится в сборе с корпусом, а на бирке *6* клеймится диаметр ножей.

Оправки для крепления расточных блоков диаметром свыше 100 мм делают сварными.

Разъемные блоки для обработки отверстий и торцовых поверхностей диаметром 240—350 мм имеют сварную конструкцию. Принцип работы и настройки блоков аналогичен изображенным на рис. 33.

Разъемные блоки для обработки отверстий и торцовых поверхностей диаметром 350—450 мм (рис. 78) имеют несколько иную конструкцию, которая обеспечивает точную установку одного из резцов на диаметр обработки с помощью червячной и винтовой передач. Резец закрепляется в пазу нижней части блока *1* винтами *2* с предварительной регулировкой положения от руки. Резец, закрепляемый в квадратном окне подвижного резцедержателя *7* верхней части блока *3*, перемещается в радиальном направлении при повороте червяка *8* по нониусу *9*. При этом червячное колесо *4* и винт *5* вращаются относительно оси *6*. После установки резца на требуемый диаметр резцедержатель *7* закрепляется винтами *10* и планками *11*.

Насадные головки (рис. 79) применяют для обработки отверстий диаметром 250—600 мм. Резцы устанавливают при помощи регулировочного винта по штангенциркулю со специальными губками. Головка крепится на фланце конусной оправки с помощью винтов и торцовой шпонки.

Расточные головки (рис. 80) применяют для обработки больших отверстий диаметром 400—850 мм с креплением на борштангах диаметром 180 мм и выше.

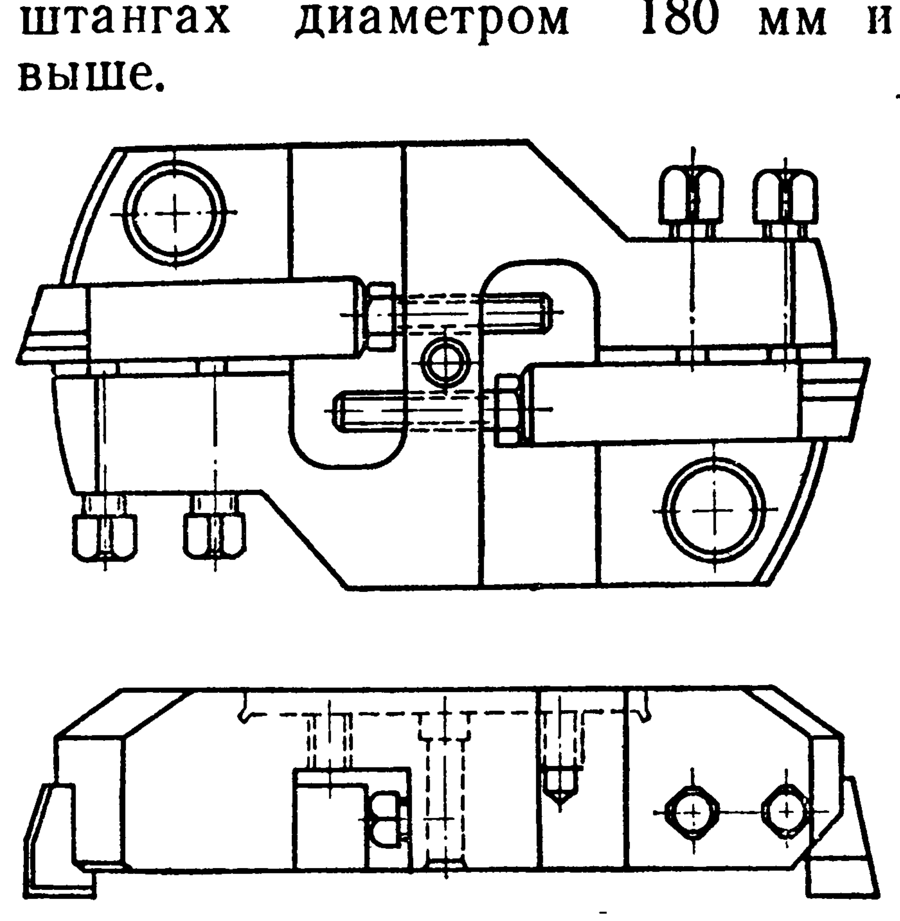


Рис. 79. Насадная головка

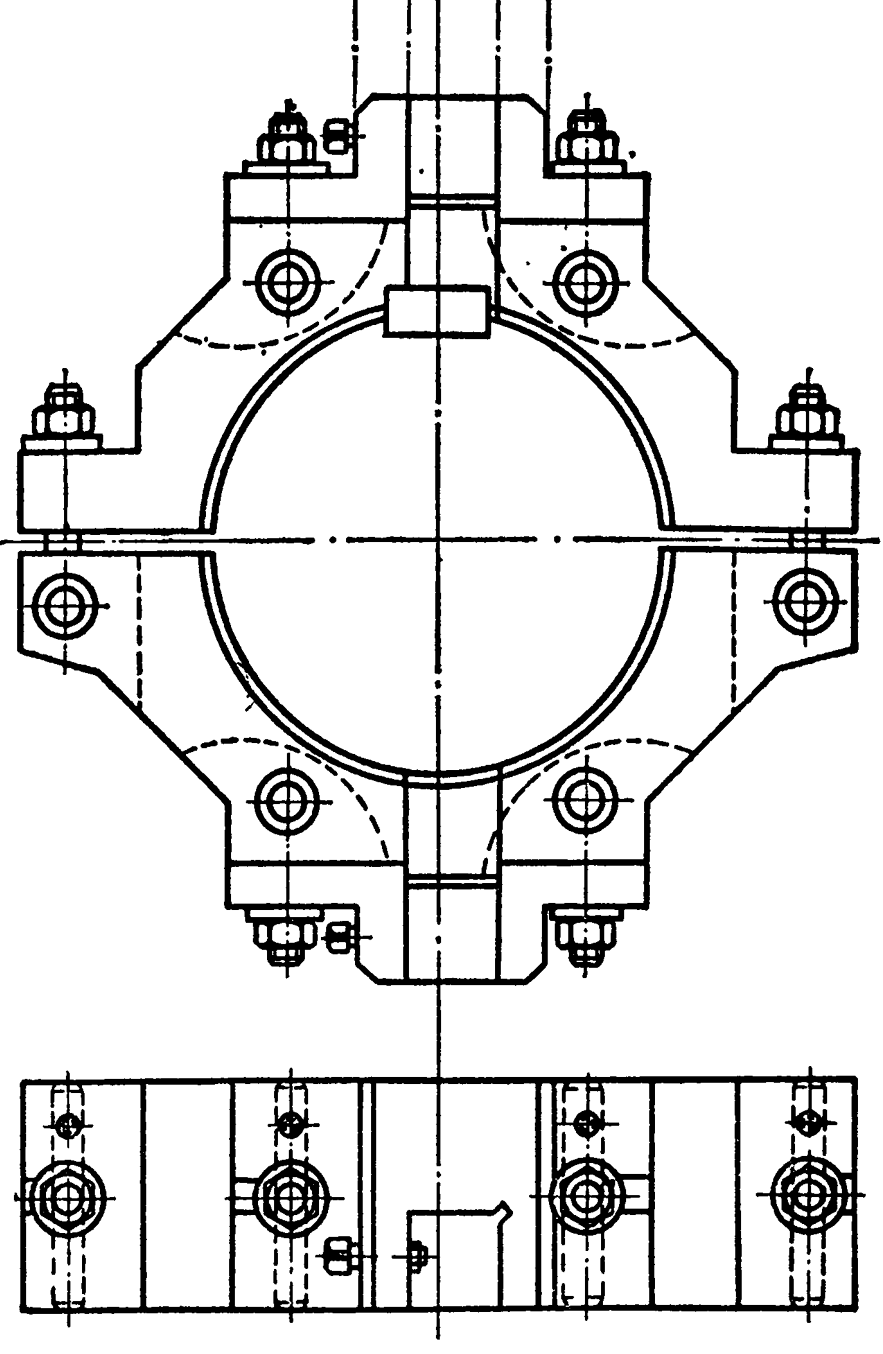


Рис. 80. Расточная головка

Головка для упоров, применяемая при подрезке торцов и расточке выточек (рис. 81), закрепляется на борштанге вблизи одного из доступных торцов обрабатываемой детали. В одно из отверстий диаметром 16*H7* вставляется роликовый упор *1* со смещенной

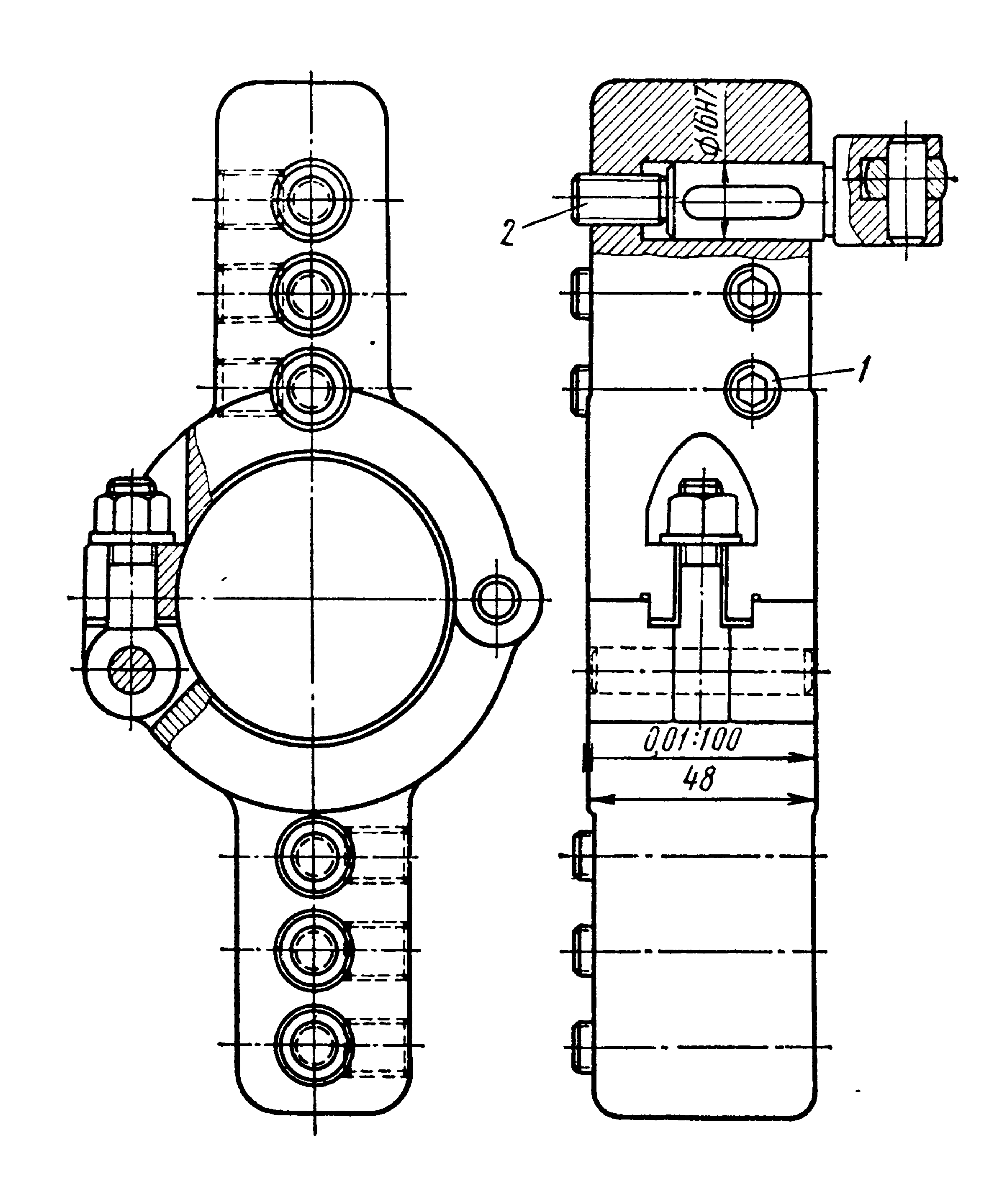


Рис. 81. Головка для упоров, применяемая при подрезке торцов и расточке выточек

или центральной осью (в зависимости от диаметра базового торца). Путем использования любого из шести отверстий диаметром 16*H7*, смены или поворота роликового упора всегда можно обеспечить соприкосновение ролика с базовым торцом детали в определенном интервале диаметров торцов. Изменяя положение головки упоров на борштанге и регулируя вылет державки ролика винтами *2*, устанавливают необходимую длину хода борштанги до упора ролика в торец детали. Тем самым устанавливается и глубина торцовых выточек или величина подрезки торцов у детали с помощью инструментов, закрепленных в окнах борштанги или разъемных блоках.

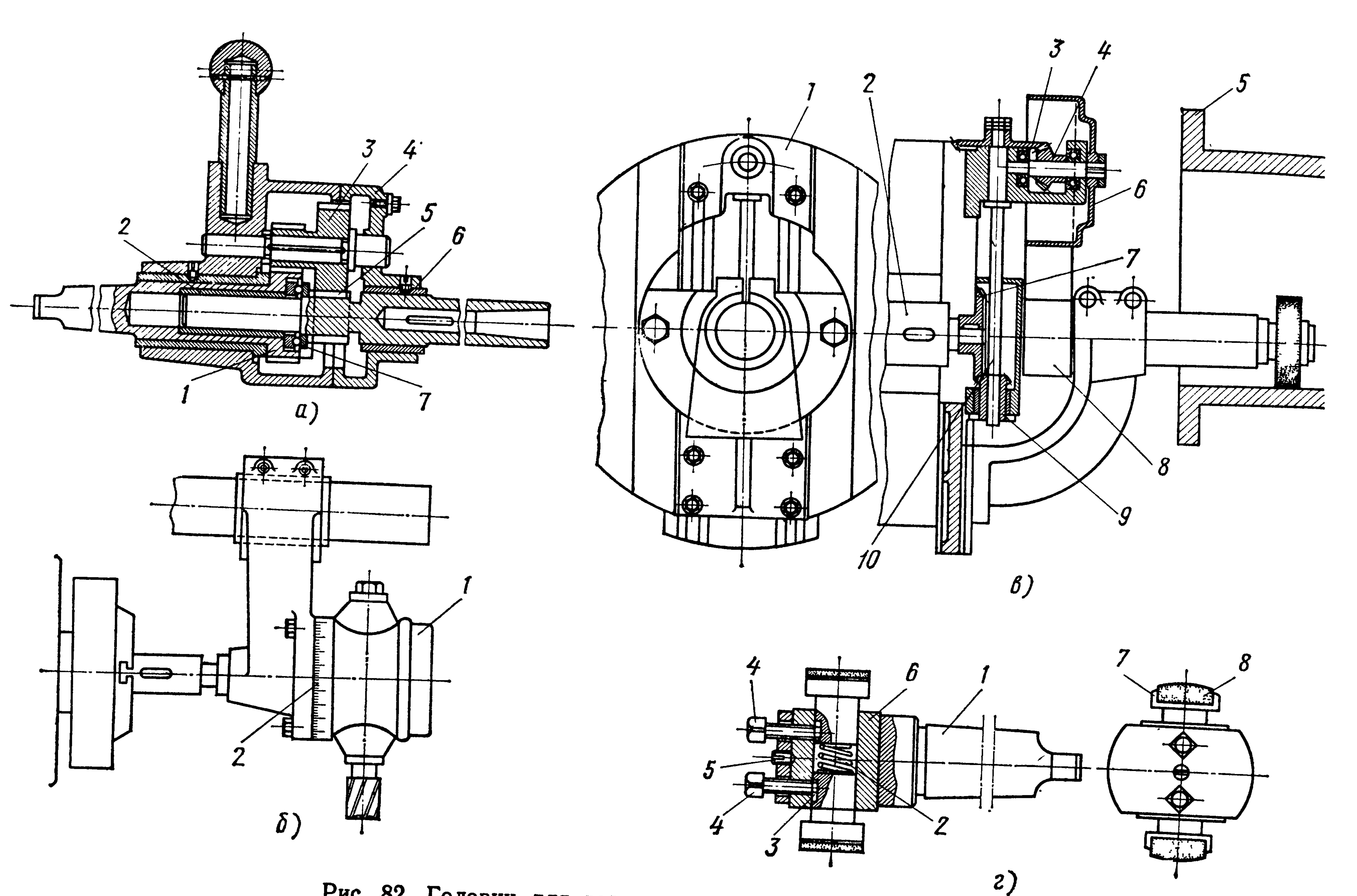


Рис. 82. Головки для горизонтально-расточных станков:
а — быстроходная сверлильная, *б* — вертикально-фрезерная, *в* — шлифовальная, *г* — полировальная

§ 6. Головки для сверления, фрезерования, шлифования, полирования и хонингования на расточных станках

Быстроходная сверлильная головка (рис. 82, *а*) предназначена для повышения частоты вращения (числа оборотов) режущего инструмента в четыре раза по сравнению с частотой вращения шпинделя. Сверлильная головка конусом оправки вставляется в шпиндель станка. Вращение сверлу сообщается через две зубчатые пары: зубчатое колесо, нарезанное на конусной оправке *1*, двухвенцовый блок *3* и зубчатое колесо, нарезанное на шпинделе *5* сверла. Шпиндель сверла вращается во втулках *6* и *2*, запрессованных в крышку *4* головки, и оправку *1*. Осевые усилия воспринимаются упорным подшипником *7*.

Вертикально-фрезерная головка (рис. 82, *б*) предназначена для обработки пазов и горизонтальных поверхностей на горизонтально-расточных станках. Она крепится специальным кронштейном на штанге, привинченной к корпусу шпиндельной бабки станка, и вращается от шпинделя. Фрезерование наклонных поверхностей и пазов производится за счет поворота корпуса головки *1* на требуемый угол по круговой шкале фланца кронштейна *2*.

Шлифовальная головка (рис. 82, *в*) применяется для шлифования отверстий, торцов и наружных диаметров на расточных станках за один постанов с расточкой и обточкой с целью получения точных размеров, геометрических форм и высокого класса шероховатости. Шлифовальная головка крепится на кулисе *1* планшайбы станка. Шлифовальный круг вращается от шпинделя *2* через две пары конических колес *7—9* и *3—4* и ременную передачу *6—8*. Осевая подача сообщается столу вместе с деталью *5*. Установка на глубину резания и заданный диаметр отверстия производится радиальным перемещением кулисы *1* планшайбы. При этом валик *10* передвигается по отверстию зубчатого колеса на скользящей шпонке.

Шлифовальная головка может иметь привод и от индивидуального электродвигателя. В этом случае электроэнергия к электродвигателю подводится через вращающуюся планшайбу станка посредством коллекторного устройства.

Полировальная головка (рис. 82, *г*) применяется на расточных станках для чистовой обработки отверстий диаметром 90—250 мм, получения шероховатости их поверхности до восьмого класса и точности 5—6 квалитетов, а также устранения конусности отверстий. Полировальная головка состоит из конусной оправки *1*, сменных втулок *6*, державок *7*, съемных прокладок *3*, пружин *2*, винтов *4* и *5* и шлифовальных брусков *8*. Головка крепится в шпинделе станка и получает от него осевое и вращательное движение. С этой же целью на расточных станках применяют и чугунные притиры.

Головка для обработки отверстий на расточных станках (рис. 83) конструкции В. Г. Рыжкова действует по принципу суперфиниша и обеспечивает получение шероховатости поверхности отвер-

стий 9—10-го класса. Головка *2* закрепляется на консольной оправке *1* или борштанге с опорой в люнетной стойке. Консольное крепление применяется при длине отверстий до 6*D*, при большей длине отверстий головки устанавливаются на борштанге.

Обработка отверстий диаметром 90—250 мм обеспечивается комплектом из трех консольных оправок с соосными шлифовальными головками. Отверстия диаметром 250—1000 мм обрабатываются сменой головок *2* в оправках или борштангах.

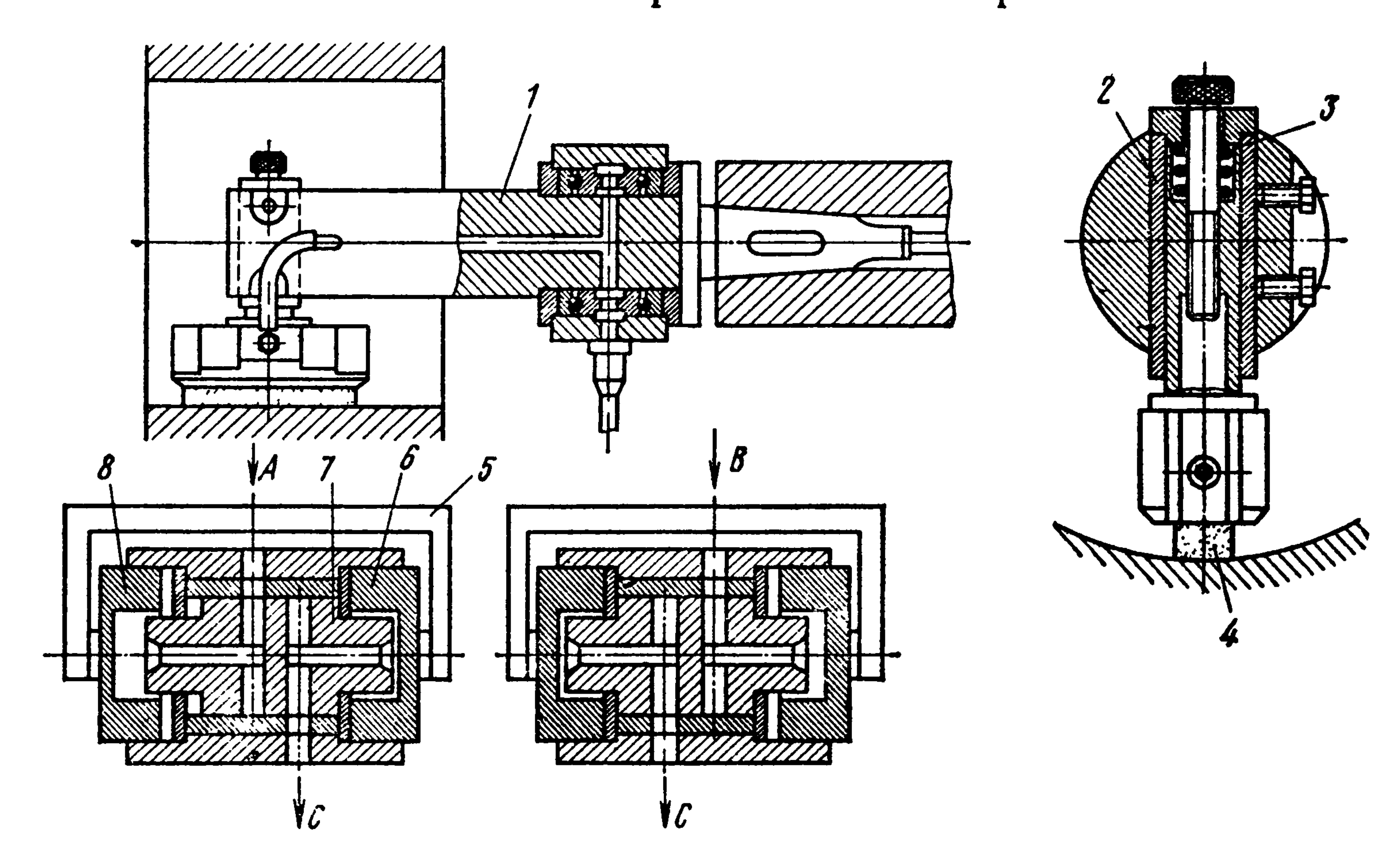


Рис. 83. Головка для суперфиниша отверстий на расточных станках

Шлифовальный брусок *4* в процессе работы прижимается к обрабатываемой поверхности отверстия пружиной *3*.

Сжатый воздух поступает в головку через каналы в оправке или борштанге и вызывает колебательное движение скобы *5* с шлифовальным бруском вдоль образующей отверстия. При этом воздух по стрелке *A* поступает в камеру левого поршня *8* и двигает его влево вместе со скобой *5*, правым поршнем *6* и золотником *7* до тех пор, пока механизм пневмопривода займет положение, при котором воздух по стрелке *B* начнет поступать в камеру правого поршня *6* и двигать его вправо вместе со скобой *5*, поршнем *8* и золотником *7*. Отработанный воздух выходит по направлению стрелки *C*. Пневмопривод обеспечивает 1500—2000 двойных ходов в минуту бруска *4* под нагрузкой, пока не прекратится поступление сжатого воздуха.

§ 7. Расточные оправки, борштанги, патроны, головки и суппорты с точной установкой резца на диаметр и радиальной подачей инструмента

Имеется несколько конструкций патронов, оправок, борштанг и головок для чистового растачивания отверстий с точной установкой (до 0,01—0,02 мм) резца на заданный диаметр в пределах от 30 до 500 мм.

Расточный патрон (рис. 84, *а*) предназначен для чистового растачивания отверстий диаметром от 30 до 80 мм.

При повороте винта *1* ключом с наружным квадратом ползун *2* перемещается по радиальному пазу корпуса *3* и крепится в нужном положении винтом *4*. Отсчет перемещения производится по

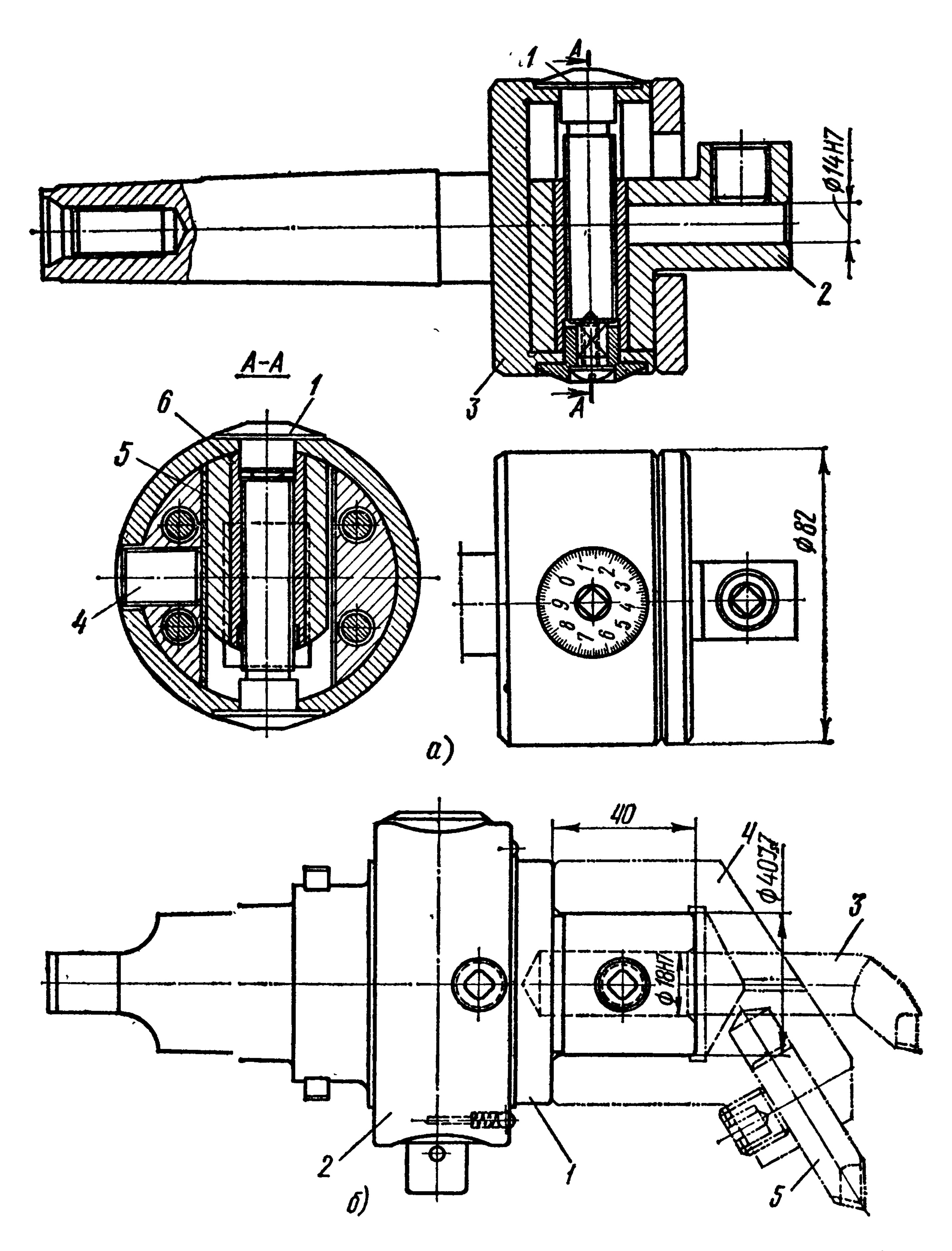


Рис. 84. Расточные патроны для растачивания отверстий:
а — диаметром 30—80 мм, *б* — диаметром 40—200 мм

круговой шкале на конусной головке винта *1* с ценой деления 0,01 мм. Отсутствие люфта в соединении ползуна с корпусом обеспечивается за счет шлифования компенсатора *5* по месту с притиркой сопрягаемых поверхностей. Резьбовая втулка *6* делается из бронзы. Специальный расточный резец закрепляется в отверстии.

Расточный патрон, показанный на рис. 84, *б*, обеспечивает возможность расточки отверстий диаметром от 40 до 200 мм.

Ползун *1* перемещается в корпусе *2* по пазу, имеющему форму «ласточкин хвост» с углом 55°. Перемещение ползуна осуществляется с помощью винта и гайки. В отверстие диаметром 18*H7* закрепляется расточный резец *3* или оправка с резцом. Для расточки отверстий бóльшего диаметра на бобышку ползуна с плотной посадкой насаживается и закрепляется державка *4* с резцом *5*.

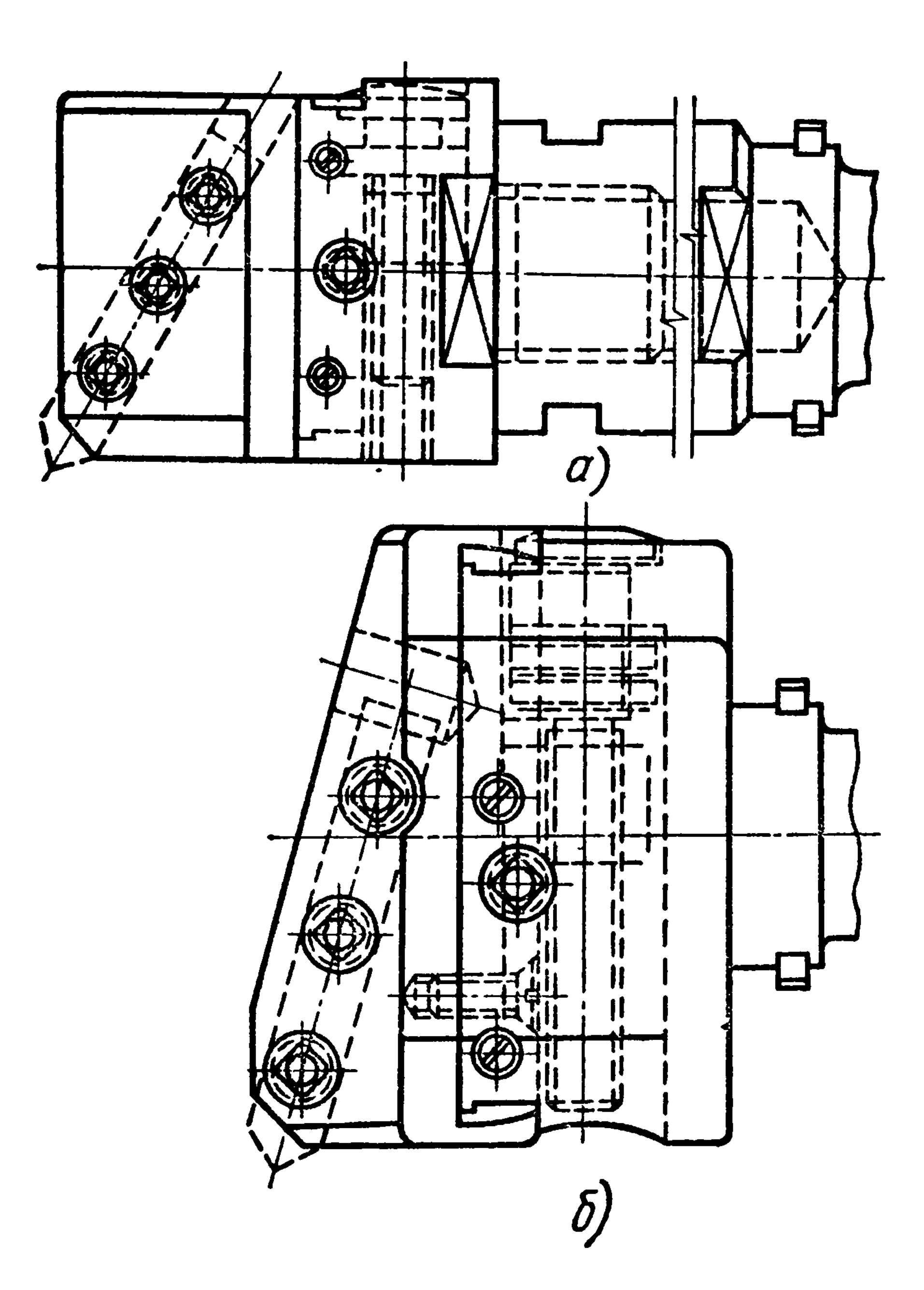


Рис. 85. Комплект расточных патронов для растачивания отверстий:
а — диаметром 70—135 мм, *б* — диаметром 135—250 мм

Комплект из двух расточных патронов (рис. 85) допускает расточку отверстий диаметром от 70 до 250 мм. Конструкция патронов обеспечивает жесткое крепление расточных резцов квадратного сечения.

Регулируемая борштанга конструкции новатора В. К. Семинского для черновой расточки (рис. 86, *а*) состоит из корпуса *1*, винта-шестерни *4* и ползуна *6* с резцом *5*.

Установка резца на заданный размер производится поворотом винта-шестерни *4* по нониусу, при этом ползун *6* с резцом перемещается в поперечном направлении. Самоторможение и закрепление ползуна *6* осуществляется из-за коничестой формы винта-шестерни и осевого усилия тарельчатых пружин *2*, регулируемых гайкой *3*. Винт-шпонка *7* предохраняет ползун *6* от поворота.

Регулируемая борштанга (рис. 86, *б*) состоит из корпуса *3*, ползуна *5* с резцом *9*, гайки-лимба *7*, нажимной вилки *6*, прикрепленной к корпусу *3* винтом *8*. Установка резца на размер производится вращением гайки-лимба *7*, после чего ползун *5* стопорится штырями *4* через пружинные шайбы *2* при повороте винтов *1*.

Борштанга обладает высокой жесткостью, обеспечивает быструю настройку резца на размер с точностью до 0,005 мм.

Расточная регулируемая оправка (рис. 87) применяется для черновой и чистовой расточки отверстия. Она состоит из корпуса *10*, двух шарнирных резцедержателей *1* и *5* с резцами *2* чистовой и *8* черновой и пальца *12* с эксцентриком *4*.

Регулировкой винта *9* настраивают на требуемый размер черновой резец *8*. При этом винт *3* шарнирного резцедержателя *1* соприкасается с наиболее низкой точкой эксцентрика и чистовой резец *2* «утоплен» в пазу корпуса оправки *10*. По окончании черно-

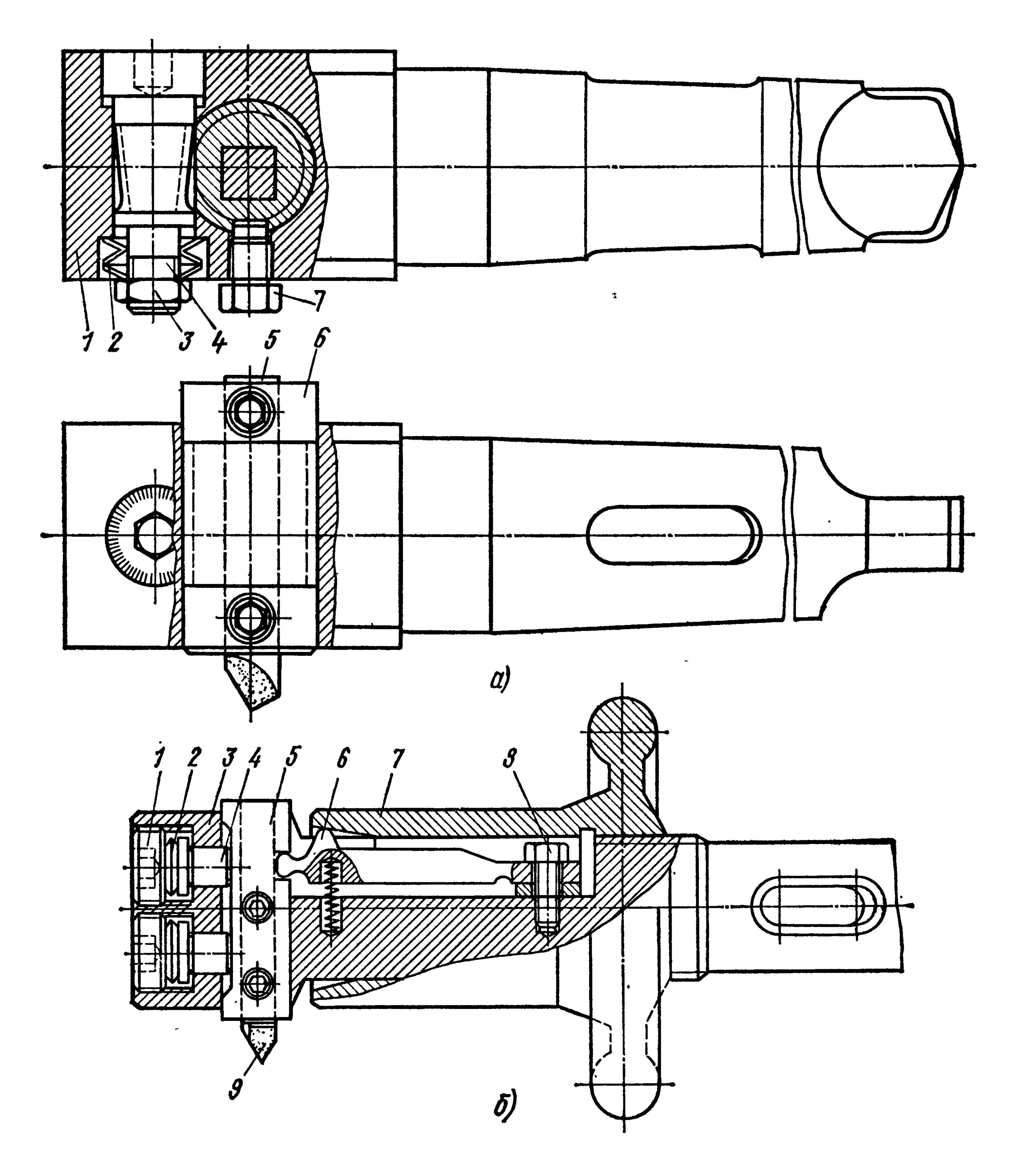


Рис. 86. Регулируемая борштанга для растачивания отверстий:
а — чернового, *б* — листового

вой расточки поворачивают рукоятку *11* в такое положение, когда винт *3* будет находиться на высшей точке эксцентрика. В этом положении винтом *3* настраивают чистовой резец на заданный размер и записывают показания лимба на пальце *12*.

При переходе от черновой к чистовой расточке следующих деталей партии достаточно повернуть рукояткой *11* палец *12* в такое

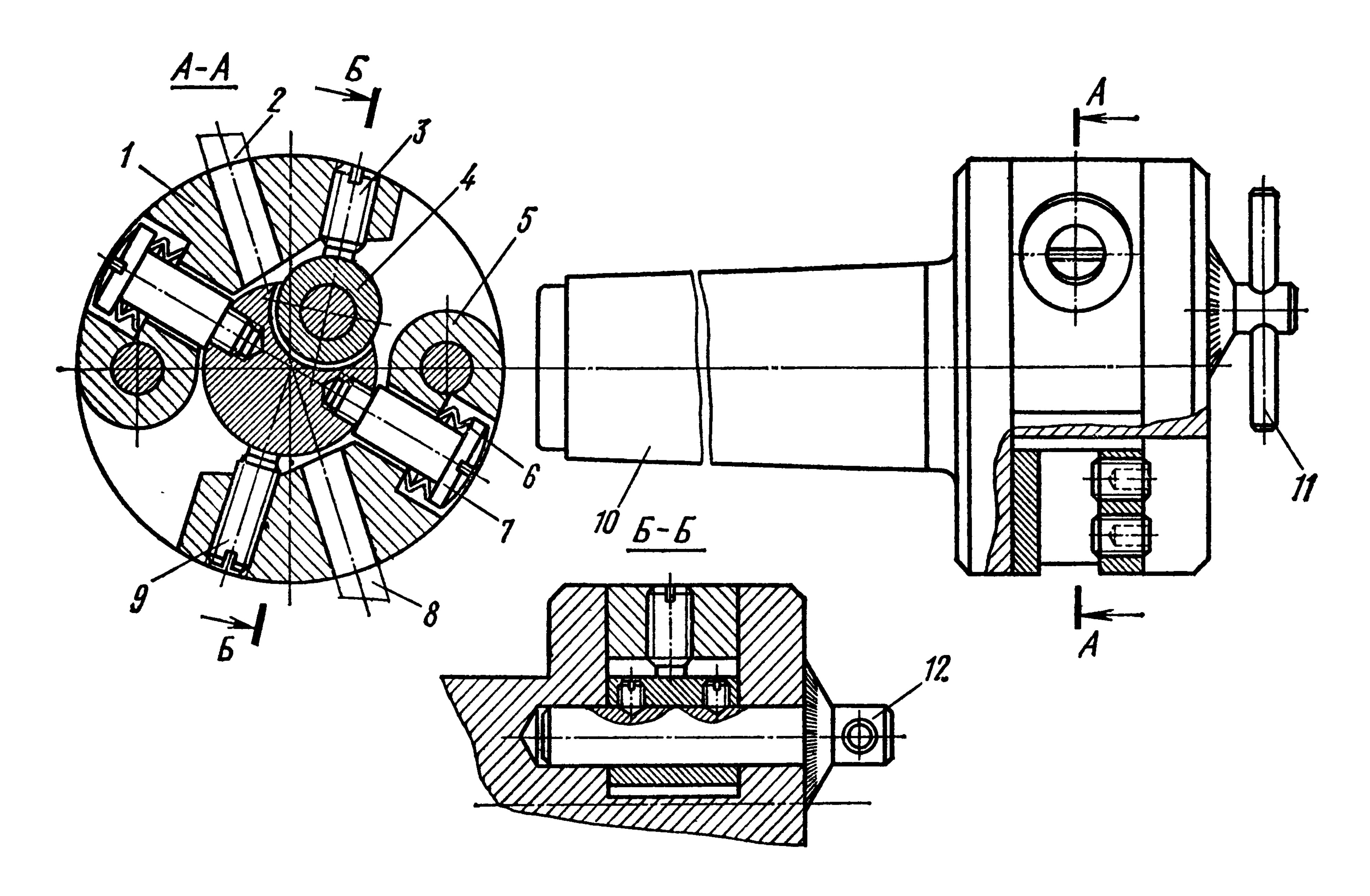


Рис. 87. Расточная регулируемая оправка для черновой и чистовой расточки отверстий

положение, когда с винтом *3* снова будет соприкасаться высшая точка эксцентрика.

Таким образом, при обработке отверстий в деталях данной партии черновой резец всегда будет находиться в одном положении, а чистовой, при повороте пальца *12* с эксцентриком, будет выдвигаться на высшую точку при чистовых проходах и скрываться в пазу головки при черновых проходах.

Винты *7* с пружинными шайбами *6* обеспечивают постоянный контакт винтов *3* и *9* с корпусом оправки *10*.

Расточные микрометрические головки для крепления непосредственно в борштанге (рис. 88, *а*) или в разъемном блоке, закрепленном на борштанге (рис. 88, *б*), предназначены для чистовой расточки отверстий диаметром до 480 мм.

Расточная микрометрическая головка (см. рис. 88, *а*) состоит из корпуса *1*, микрометрического винта *2* для точной регулировки вылета резца благодаря разности шагов наружных резьб, равной 0,5 мм, винта *4* для крепления резца *3* в корпусе головки и винтов *5* для крепления корпуса головки в борштанге.

Расточная микрометрическая головка (см. рис. 88, *б*) имеет несколько иную конструкцию и состоит из стакана *1*, корпуса *2*, микрометрической гайки-винта *3* с разностью шагов внутренней и наружной резьб, равной 0,5 мм, винта *4* для грубой регулировки вылета резца *6*, резьбовой пробки *5*, винта *7* для крепления резца

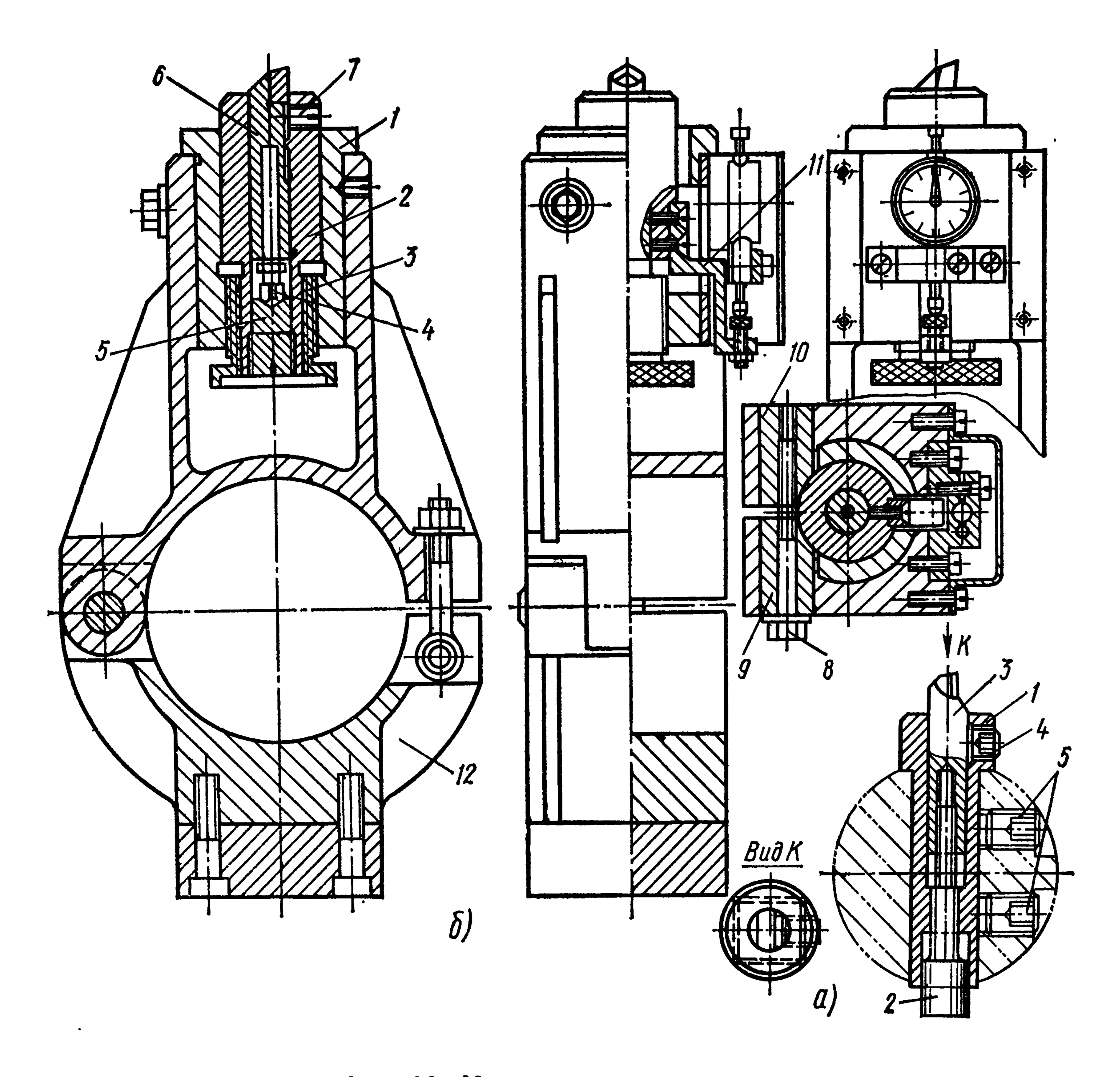


Рис. 88. Микрометрические головки

в корпусе головки, винта *8* и сухарей *9* и *10* для крепления корпуса головки в стакане *1* и блоке *12*, а также индикаторного устройства *11* для отсчета точного перемещения резца.

После грубой регулировки вылета резца и предварительной проточки отверстия последнее измеряется с точностью до 0,01 мм и по результатам измерения с такой же степенью точности производится установка резца на окончательный размер диаметра отверстия с помощью микрометрического винта *2* (рис. 88, *а*) или микрометрической гайки-винта *3* (рис. 88, *б*).

Обработка широких торцовых поверхностей, расточка канавок и выточек в отверстиях выполняются при радиальной подаче инструмента с применением планшайб с радиальной подачей, оправок и державок, закрепляемых на кулисе планшайбы с радиальной подачей, расточных головок, суппортов и патронов, устанавливае-

мых в конусе шпинделя станка или на борштангах, а также борштанг специальной конструкции.

Планшайба с радиальной подачей является составной частью современных моделей расточных станков. На старых моделях расточных станков с планшайбой, не допускающей радиальную подачу, применяются накладные планшайбы с автоматической радиальной подачей кулисы.

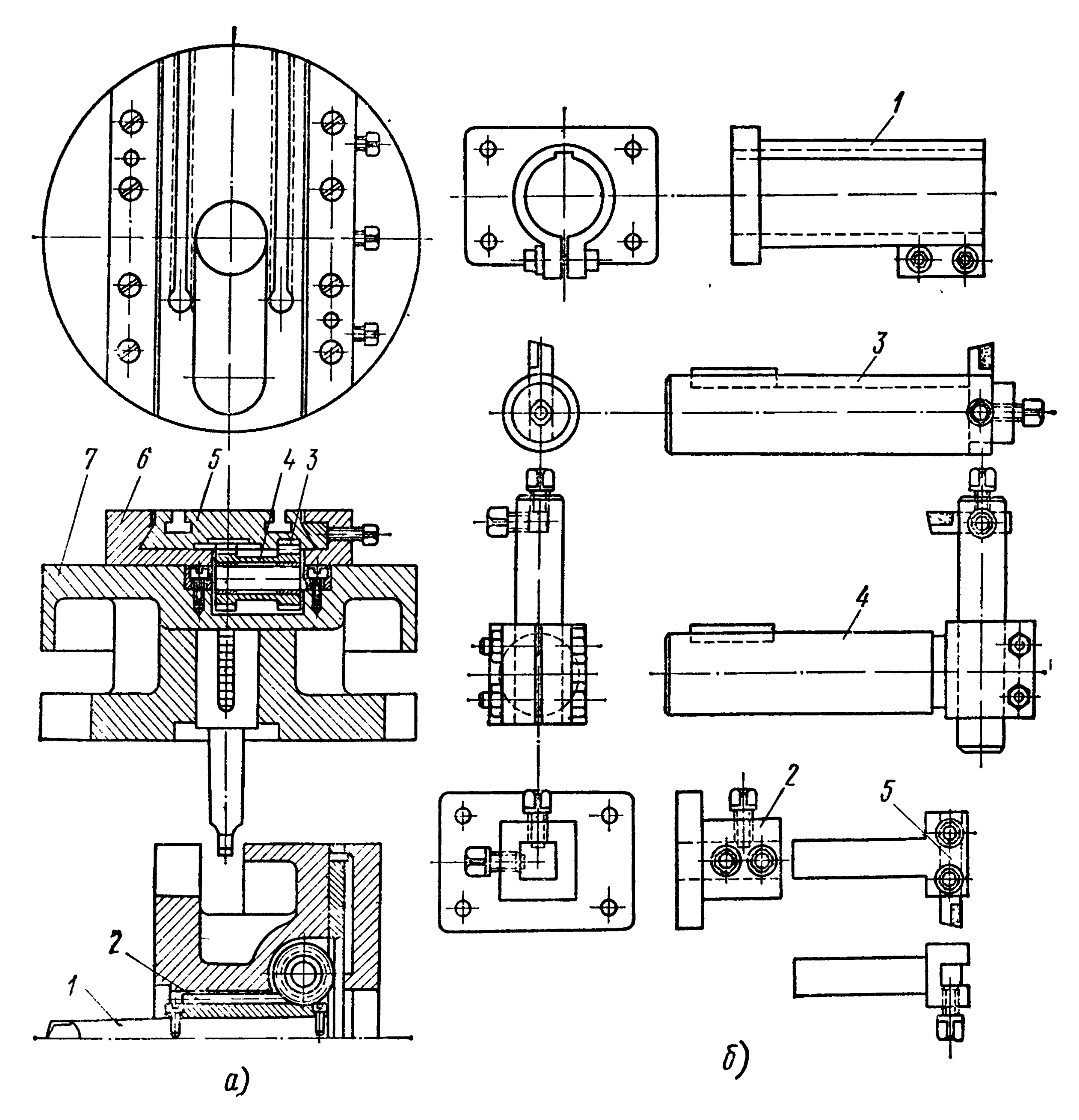


Рис. 89. Приспособления для радиальной подачи резца:
а — накладная планшайба с радиальной подачей, *б* — оправки для кулисы планшайбы

В накладной планшайбе (рис. 89, *а*) осевая подача шпинделя через рейку *2* и двухвенцовый блок *4* передается на рейку *3*, закрепленную на кулисе *5*, которая перемещается в направляющих *6*, скрепленных с корпусом планшайбы *7*. На лицевой стороне кулисы закрепляются державки *1* или *2* (рис. 89, *б*), несущие оправки с резцом *3*, *4*, *5*.

Расточный патрон (рис. 90) применяют для растачивания отверстий с точной установкой резца на размер по шкале *11* с ценой

деления 0,01 мм, а также для подрезки торцов и растачивания выточек. Вращение винта *1* производится ключом с наружным шестигранником или автоматически при повороте звездочки *2* от упорного пальца *5*, закрепленного в специальной стойке.

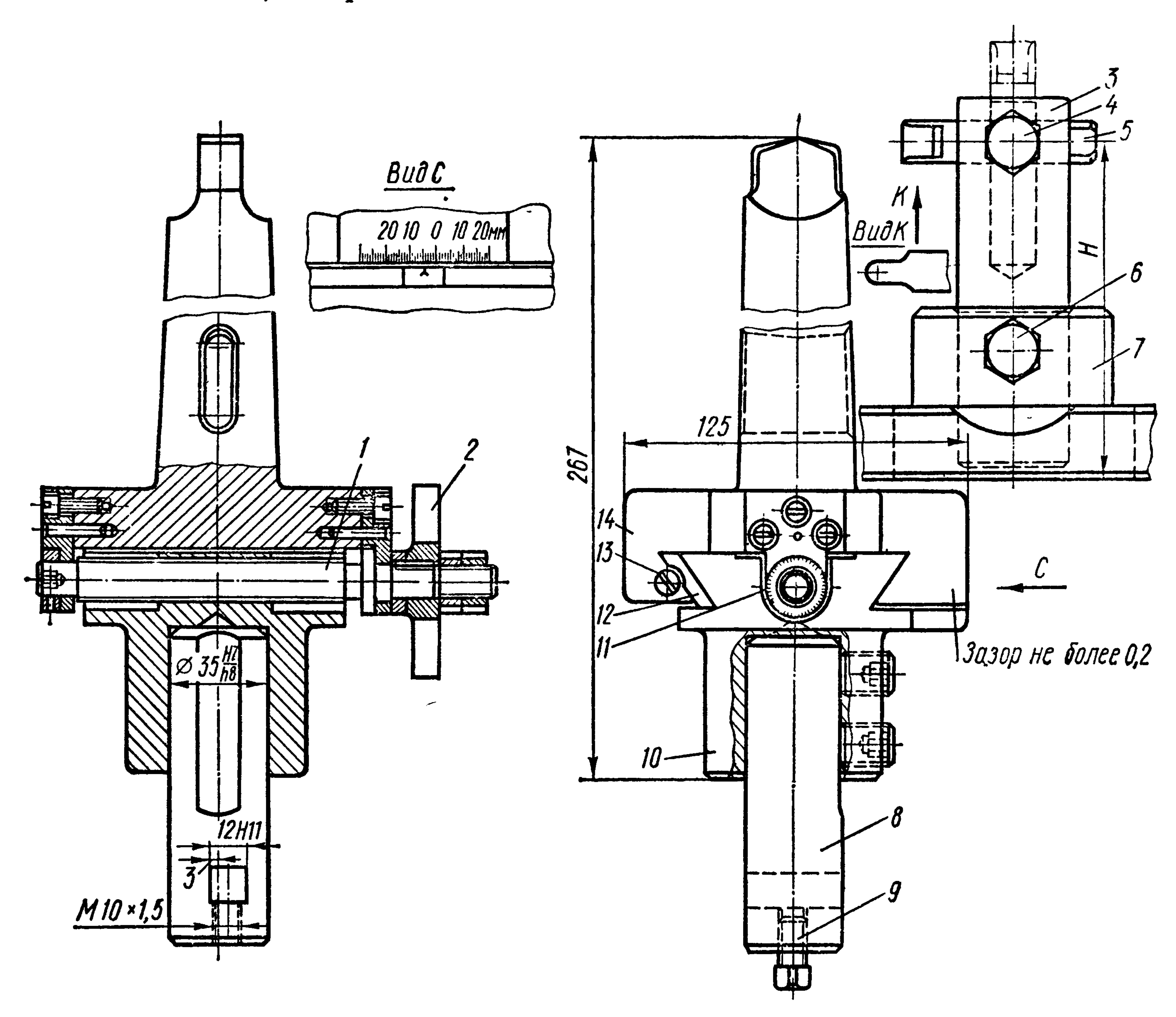


Рис. 90. Расточный патрон со звездочкой

При растачивании отверстия резец крепится в державке *8* винтом *9*. Ползун *10* при вращении винта *1* перемещается по направляющим корпуса *14*, имеющим форму «ласточкин хвост».

Отсутствие люфта при соединении ползуна с корпусом обеспечивается за счет перемещения клина *12* винтом *13*.

Стойка с упорным пальцем *5* устанавливается на столе расточного станка в таком положении, чтобы радиусный конец пальца задевал зуб звездочки патрона при его вращении, в результате чего расточному резцу сообщается автоматическая радиальная подача.

Упорный палец *5* может быть закреплен винтом *4* в сменной державке *3* в горизонтальном или вертикальном положении.

Комплект из пяти сменных державок *3* обеспечивает высоту *H* установки пальца в пределах от 70 до 250 мм при закреплении державок *3* в корпусе *7* винтом *6*.

Расточный патрон (рис. 91) предназначен для радиальной подачи с точной установкой резца на требуемый размер. При вращении винта *3* ключом *10* ползун *5* с расточным резцом перемещается в радиальном направлении. Это перемещение отсчитывается с точностью до 0,1 мм по шкале на кольце *4* и нониусу. Нулевые риски шкалы и нониуса наносятся при закрепленном винте *8* и совпадении осей конуса патрона и отверстия диаметром 35*H7* под державку резца.

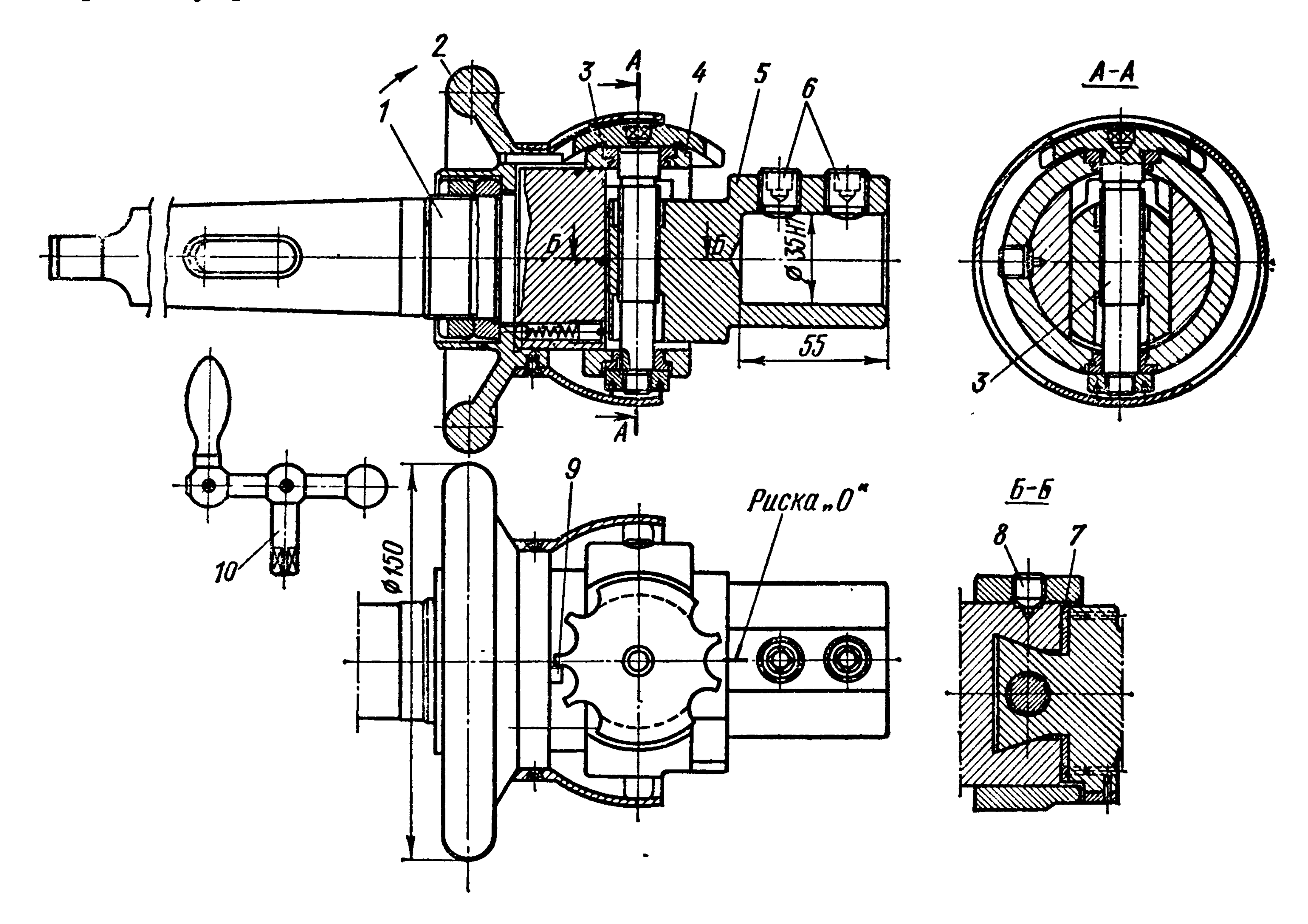


Рис. 91. Расточный патрон с маховиком и звездочкой

Для сообщения резцу радиальной подачи при подрезке торцов необходимо вручную остановить вращение маховика *2*, сидящего на наружном диаметре корпуса *1* на скользящей посадке. При вращении корпуса *1* и ползуна *5* головка винта *3*, имеющая форму звездочки, будет задевать за неподвижный упор *9* и поворачивать винт *3*, смещая ползун *5* и расточный резец в радиальном направлении.

За каждый оборот корпуса *1* винт *3* будет поворачиваться на один зуб звездочки, что соответствует радиальной подаче резца на 0,1 мм. Повышение точности перемещения ползуна по направляющим корпуса, имеющим форму «ласточкин хвост», достигается шлифованием компенсатора *7* по месту.

Расточный резец закрепляется в державке винтом, как показано на рис. 91, державка, в свою очередь, закрепляется в ползуне *5*

винтами *6*. Державки резца являются сменными и имеют длину 150, 200 и 250 мм.

Механическая подача резца может быть обеспечена использованием данного патрона и стойки с упорным пальцем (см. рис. 90).

Расточка и подрезка торцов отверстий диаметром 600—1000 мм осуществляются с помощью расточного суппорта (рис. 92).

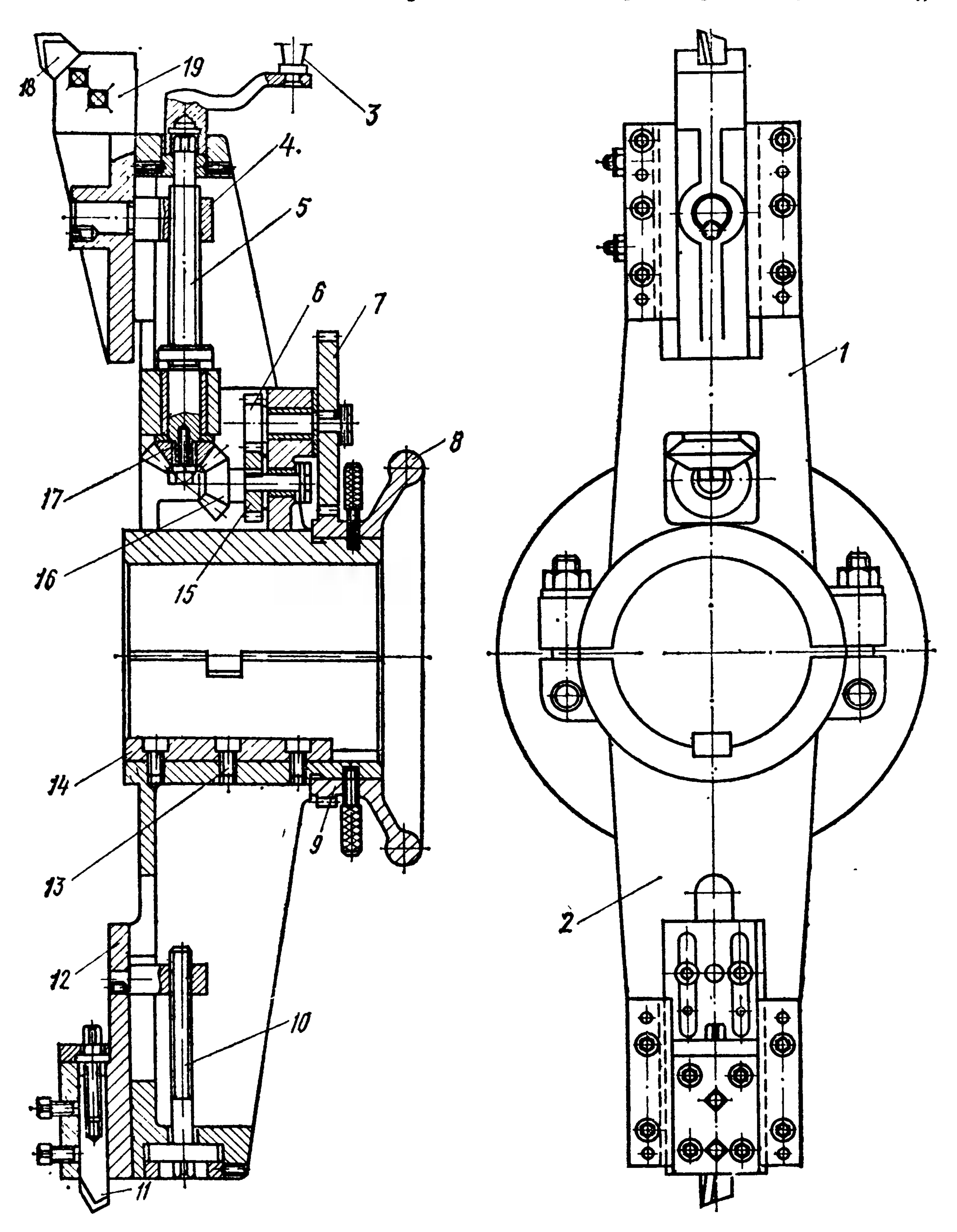


Рис. 92. Расточный суппорт с маховиком и зубчатыми колесами

Подрезка торцов детали производится при радиальной подаче резцедержавки *19* по направляющим верхней части *1* суппорта, шарнирно соединенной с нижней частью *2* суппорта и борштангой посредством шпонки *14* и винтом *13*.

Для радиальной подачи резцедержавки *19* необходимо вручную остановить маховичок *8*, не прекращая вращения борштанги. В ре-

зультате зубчатое колесо *9* также остановится, а зубчатое колесо *7* начнет обкатываться вокруг колеса *9* и приведет во вращение цилиндрические колеса *6* и *15*, конические колеса *16* и *17* и винт *5*. Этот винт через гайку *4* обеспечит подачу резцедержавки *19* с резцом *18*, который и подрежет торец обрабатываемой детали.

Ручное установочное перемещение резцедержавки *19* осуществляется с помощью рукоятки *3*. При автоматическом перемещении рукоятка снимается с винта.

Расточка отверстия корпусной детали производится резцом *11*, закрепленным в державке *12* нижней части *2* суппорта. Рабочая подача сообщается столу с изделием или шпинделю с борштангой.

Предварительная установка резца на требуемый диаметр расточки производится смещением державки *12* по направляющим нижней части *2* суппорта, а точная регулировка резца — вращением винта *10*.

Летучий суппорт, закрепленный на борштанге, применяется при обработке торцовых поверхностей и расточке канавок в отверстиях диаметром более 800 мм. Обработка торцовых поверхностей производится резцом, закрепленным в горизонтальном пазу резцедержавки. Канавки растачивают резцом, установленным в вертикальном пазу резцедержавки. Конструкция летучего суппорта аналогичная конструкциям приведенных выше резцовых головок.

§ 8. Принадлежности, поставляемые с горизонтально-расточным станком

С расточным станком завод-изготовитель поставляет заказчику комплект вспомогательного инструмента и принадлежностей. К числу вспомогательных инструментов, необходимых при наладке станка, относятся: ключи гаечные односторонние и двусторонние под головку болта размером 17, 22, 27, 36 мм, торцовый ключ для установочных гаек размером 155—165 мм с фрезерованными шлицами, торцовый ключ для установочных гаек размером 175—195 мм со сверлеными отверстиями, ключ шестигранный размером 12 мм, специальный ключ для шпинделя планшайбы и специальная накидная рукоятка.

К числу принадлежностей, поставляемых со станком, относятся: задняя стойка люнета, патрон и принадлежности для нарезки резьбы, резцедержатели на планшайбу для обточки фланцев и расточки отверстий, фланец для фрезерной головки и сменные втулки для люнета.

Для выполнения координатной расточки к расточному станку, кроме того, прилагаются индикаторные и нониусные устройства с лупой для шпиндельной бабки, стойки люнета и стола.

Для проведения различных расточных работ станок обеспечивают расточными оправками для квадратных и круглых резцов, конусными переходными втулками, а также клиньями для затяжки и выколотки инструмента.

Размеры сменных втулок для люнета и расточных оправок для резцов приведены в табл. 7 и 8.

7. Размеры сменных втулок для люнета

Внутренний диаметр, мм	20, 25, 30, 35	40, 45, 60	50, 70, 80
Наружный диаметр, мм	50	80	115

8. Размеры расточных оправок для резцов прямоугольного сечения

Диаметр, мм	20, 25, 30		35, 40, 45		45, 50, 60		70		80
Длина, мм	1000		1400		1750		2100		2250
Конус Морзе №	2, 3, 3		4		5		5		5
Диаметр, мм	12	15	18	20	22	25	28	30	35
Длина, мм	150	160	160	180	180	180	200	200	210
Конус Морзе №	2	2	2	3	3	3	3	3	4
Диаметр, мм	40	45		50		60	70		80
Длина, мм	220	240		260		280	300		320
Конус Морзе №	4	5		5		5	5		5

Конусные переходные втулки поставляются с внутренним конусом Морзе № 1—4 и наружным конусом Морзе № 2—5.

Клинья для выколотки и затяжки инструмента применяют для конусов Морзе № 1, 2, 3, 4, 5, 6 и шпинделя диаметром 85 мм и поставляются со станком полным набором.

Кронштейн (рис. 93) применяется для повышения жесткости шпинделя расточного станка при фрезеровании плоскостей с большим вылетом шпинделя. Кронштейн закрепляется на планшайбе станка болтами *1* и гайками *2*. Внутренний диаметр опорной бронзовой втулки *3* растачивают по шпинделю с посадкой движения после запрессовки втулки в расточку кронштейна. Опорная плоскость подвергается шабрению. Неперпендикулярность оси втулки *3* к опорной плоскости допускается не более 0,02 мм на длине кронштейна.

§ 9. Приспособления для расточки отверстий

Приспособления для расточки отверстий корпусных деталей на расточных станках исключают необходимость разметки отверстий и обеспечивают точность координат в пределах 0,02—0,05 мм.

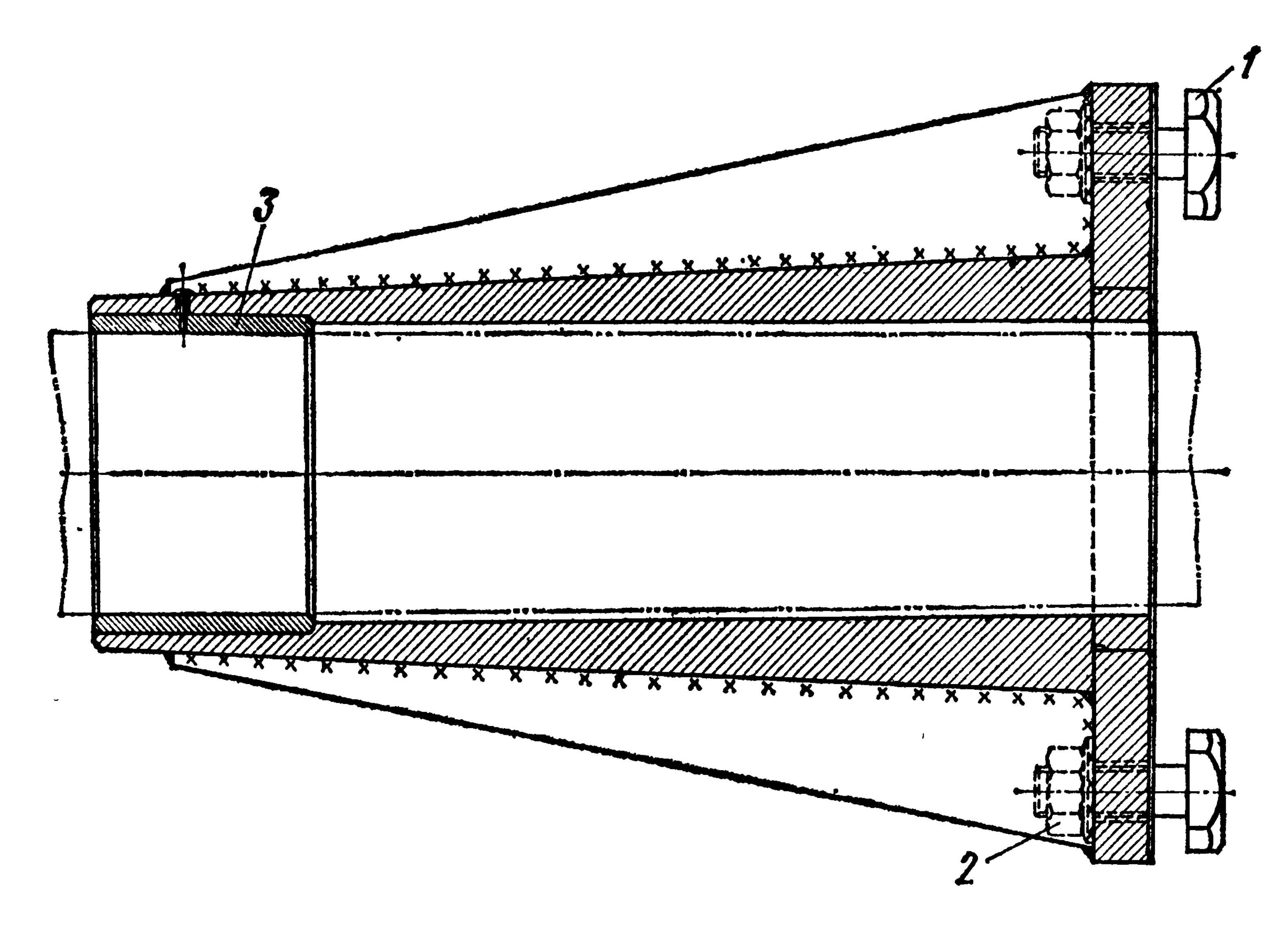


Рис. 93. Кронштейн для фрезерования

На чугунной или стальной плите приспособления закрепляют стальные каленые и шлифованные планки, являющиеся опорой для детали. Обрабатываемая деталь прижимается болтами к вертикальной плоскости планок и базовым штырям, благодаря чему точно ориентируется относительно стоек с направляющими втулками для инструмента. После установки в приспособление деталь крепится прихватами.

Отверстия под направляющие втулки и базовые штифты в стойках растачивают на координатно-расточном станке с точностью ±0,01 мм с базой от плоскости основания стоек или от опорных планок и шпоночного паза плиты.

В приспособлениях для расточки отверстий для установки и съема обрабатываемой детали применяются откидные втулки.

Для уменьшения сил трения сопряженных поверхностей борштанги и направляющих втулок их смазывают или устанавливают направляющие втулки на подшипниках качения.

Универсально-сборные приспособления (УСП). Применяют на заводах мелкосерийного производства для механической обработки деталей с наибольшим габаритным размером до 1,5 м. Специальные приспособления собирают из нормализованных деталей и узлов. После использования приспособления разбирают, а составляющие их детали и узлы применяют для других приспособлений.

Внедрение системы универсально-сборных приспособлений обеспечивает значительную экономию материальных средств и сокращает цикл технологической подготовки производства. В комплект деталей УСП может входить 2—20 тыс. деталей в зависимо-

сти от масштаба производства и требуемого количества сборных приспособлений, одновременно находящихся на рабочих местах.

Детали УСП состоят из базовых, корпусных, установочных, направляющих, прижимных, крепежных и прочих групп.

Базовыми деталями являются плиты квадратной, прямоугольной и круглой формы, а также угольники и кольца. Они имеют Т-образные и шпоночные пазы для установки и крепления прочих элементов.

Корпусные детали в форме подкладок, опор, угольников, призм и планок служат для образования корпусов различных приспособлений, а также используются в качестве баз, опор и направляющих элементов.

К группе установочных деталей относятся шпонки, штыри и переходные втулки.

Для направления деталей и режущего инструмента применяют втулки, валики и колонки.

К группе прижимных деталей относятся прихваты (плоские, изогнутые, вильчатые, шарнирные и др.).

Группа крепежных деталей состоит из шпилек, болтов, винтов, гаек и шайб. Номенклатура деталей определяется спецификой данного производства и систематически пополняется. К этой же группе относятся детали самой разнообразной формы, конструкции и назначения, например: опорные штыри, установочные втулки, центры, полуцентры, эксцентрики и т. п.

В комплект деталей УСП входят также нормализованные неразборные узлы: поворотные головки, кронштейны, центры, подвижные опоры, призмы, делительные диски, фиксаторы, тисочные зажимы, хомутики, люнеты, домкраты и др.

Детали УСП изготовляют по 5—6-му и 6—7-му квалитетам с шероховатостью поверхности 7—9-го классов.

Универсально-сборочные приспособления показаны на рис. 94.

Комплект универсально-сборочных приспособлений для расточных работ (УСПР) состоит из рабочих, направляющих, установочных, вспомогательных и контрольных элементов. Типоразмеры входящих в комплект элементов определяются в зависимости от номенклатуры корпусных деталей, обрабатываемых на заводе.

К рабочим элементам относятся борштанги диаметром 40—100 мм и длиной 1100—2500 мм с резцовыми блоками и расточные муфты.

Борштанги с резцовыми блоками (рис. 95) имеют корпус *1* с отверстиями, в которые установлены двухрезцовые *5* и однорезцовые *4* блоки или плавающие развертки *2*. Резцовые блоки предварительно настраивают на заданный размер и быстро заменяют при обработке. Блоки в борштанге закрепляют эксцентриковым клиновым зажимом при повороте его специальным ключом из нейтрального положения в любую сторону. При этом клиновая часть эксцентрикового кольца *9* входит в пазы блока и прижимает его торец ко дну поперечного паза корпуса борштанги, благодаря чему предотвращается поворот блока при обработке.

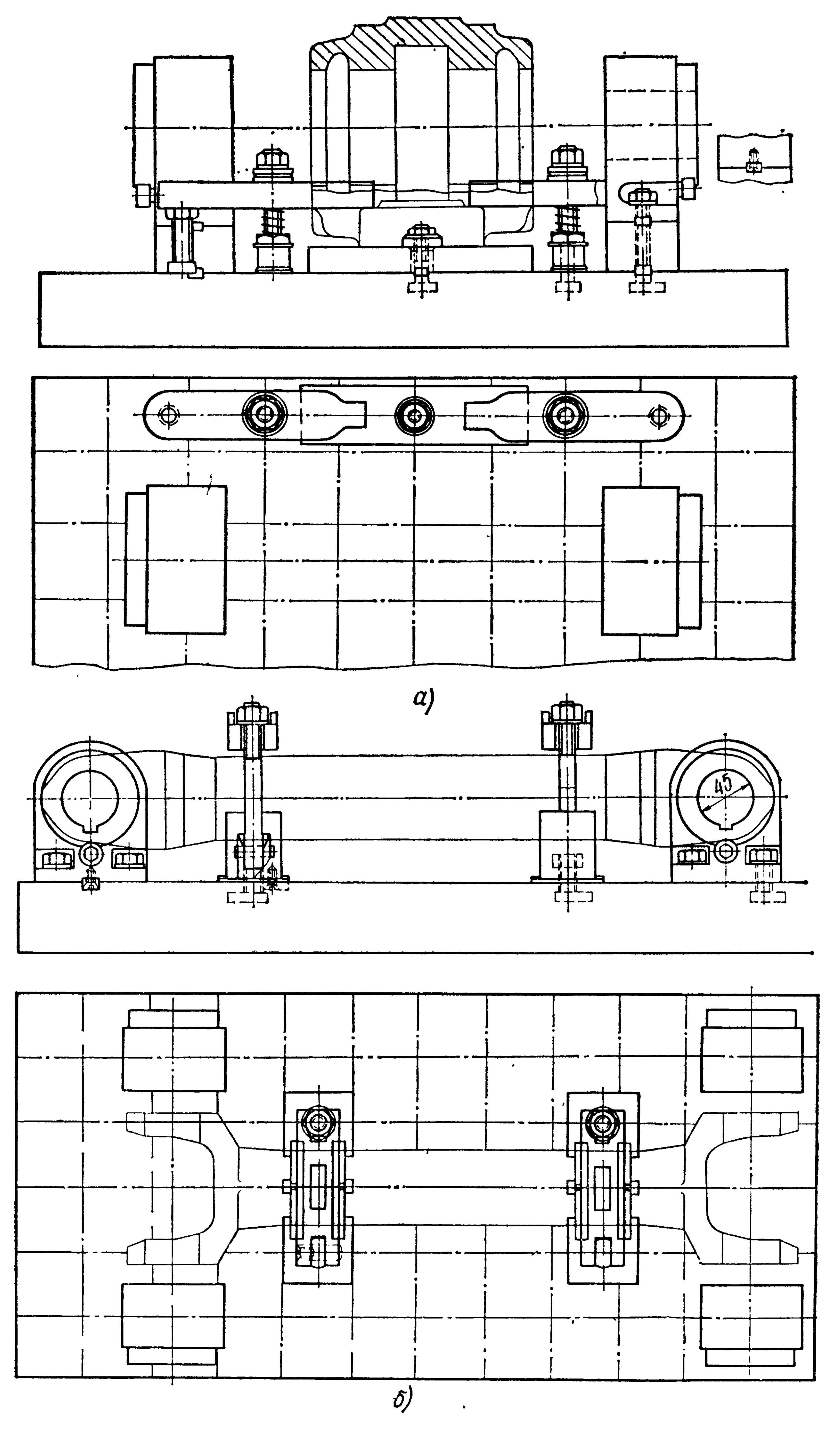


Рис. 94. Универсально-сборочные приспособления:
а — для растачивания корпуса подшипника, *б* — для растачивания отверстий в вилке

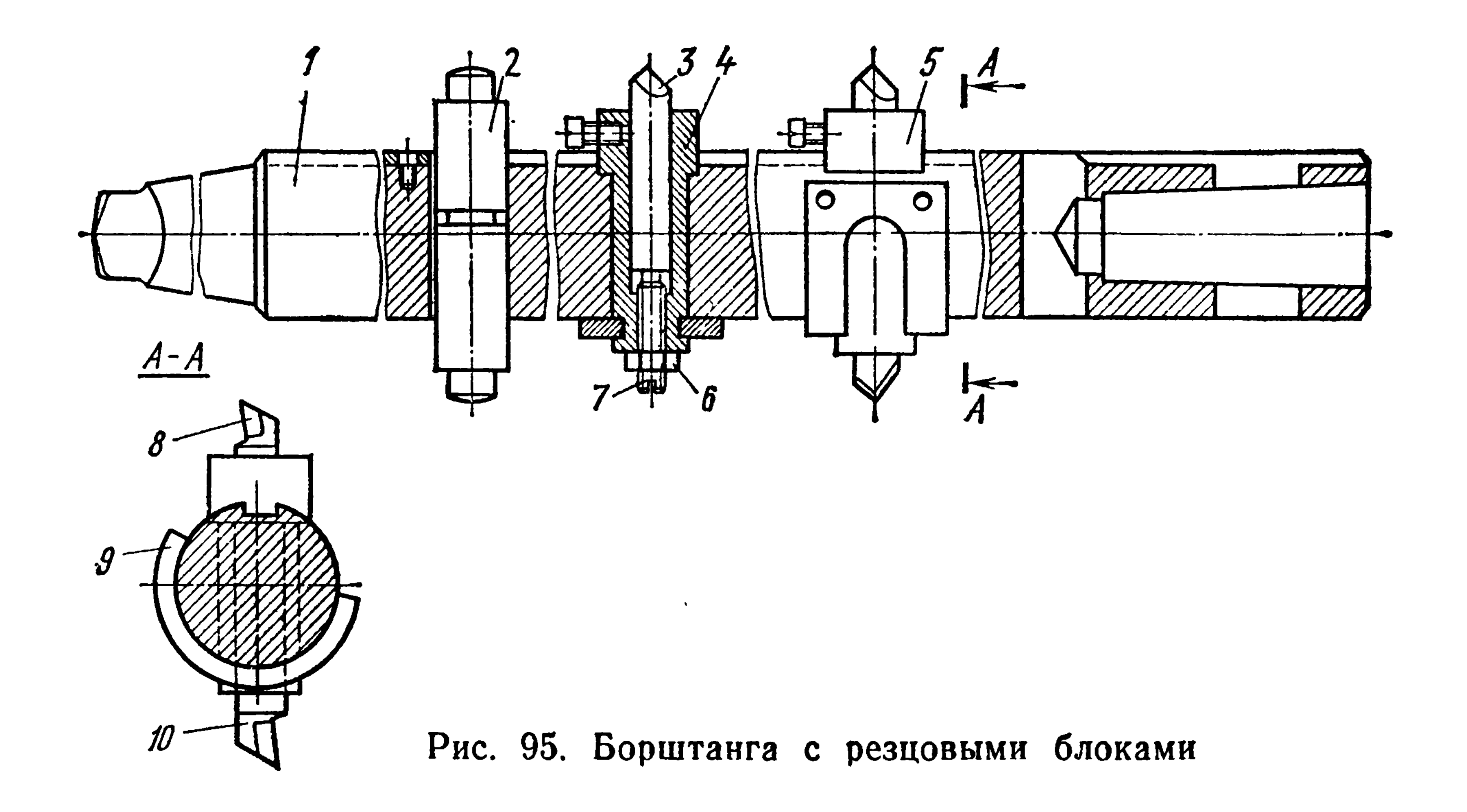


Рис. 95. Борштанга с резцовыми блоками

Двухрезцовые блоки с резцами *8* и *10* стандартного квадратного сечения применяют для предварительного растачивания отверстий. Резцы устанавливают по шаблону или затачивают в собранном виде с блоком. Базой для установки служат цилиндрическая поверхность и торец корпуса блока.

Однорезцовый блок применяют при получистовой и чистовой обработке. Резец *3* устанавливают винтом *7* и контргайкой *6*. Настройка на заданный размер при получистовой обработке может производиться вне борштанги, а настройка при чистовой обработке — по пробным ходам.

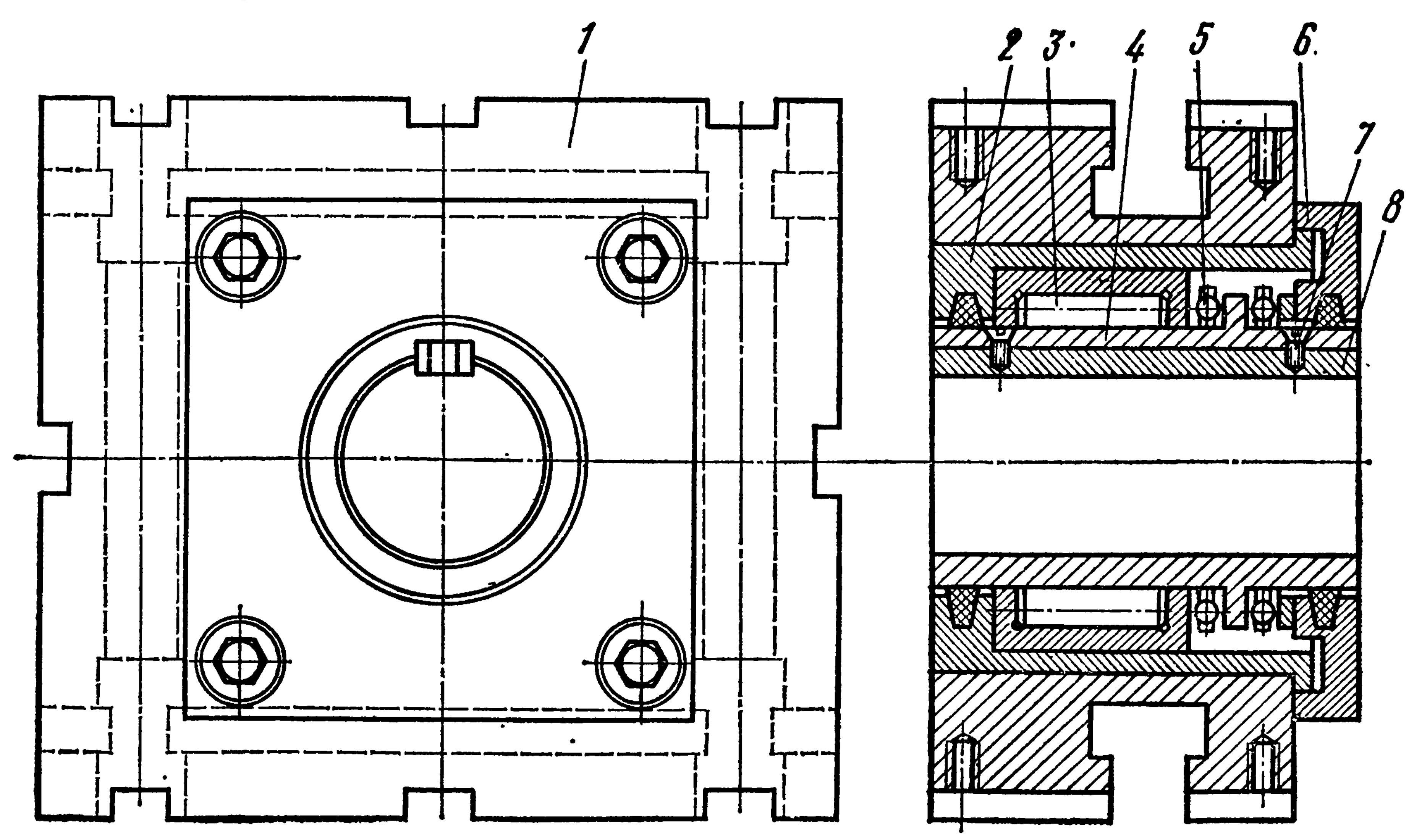


Рис. 96. Подшипниковая опора

Плавающая развертка имеет цилиндрическую форму со шпонкой для правильного положения режущих кромок развертки относительно оси борштанги. Регулировка развертки на заданный размер производится по пробным проходам при обработке первого отверстия данного размера.

Расточные муфты применяют для обработки отверстий большого диаметра, которые резцовыми блоками обработать нельзя из-за большого вылета резца.

Подшипниковые опоры (рис. 96) применяют для направления борштанг и состоят из корпуса *1*, обоймы *2*, игольчатого подшипника *3*, втулки *4*, шариков *5* и крышки *6*. Шпонка *8* прикреплена

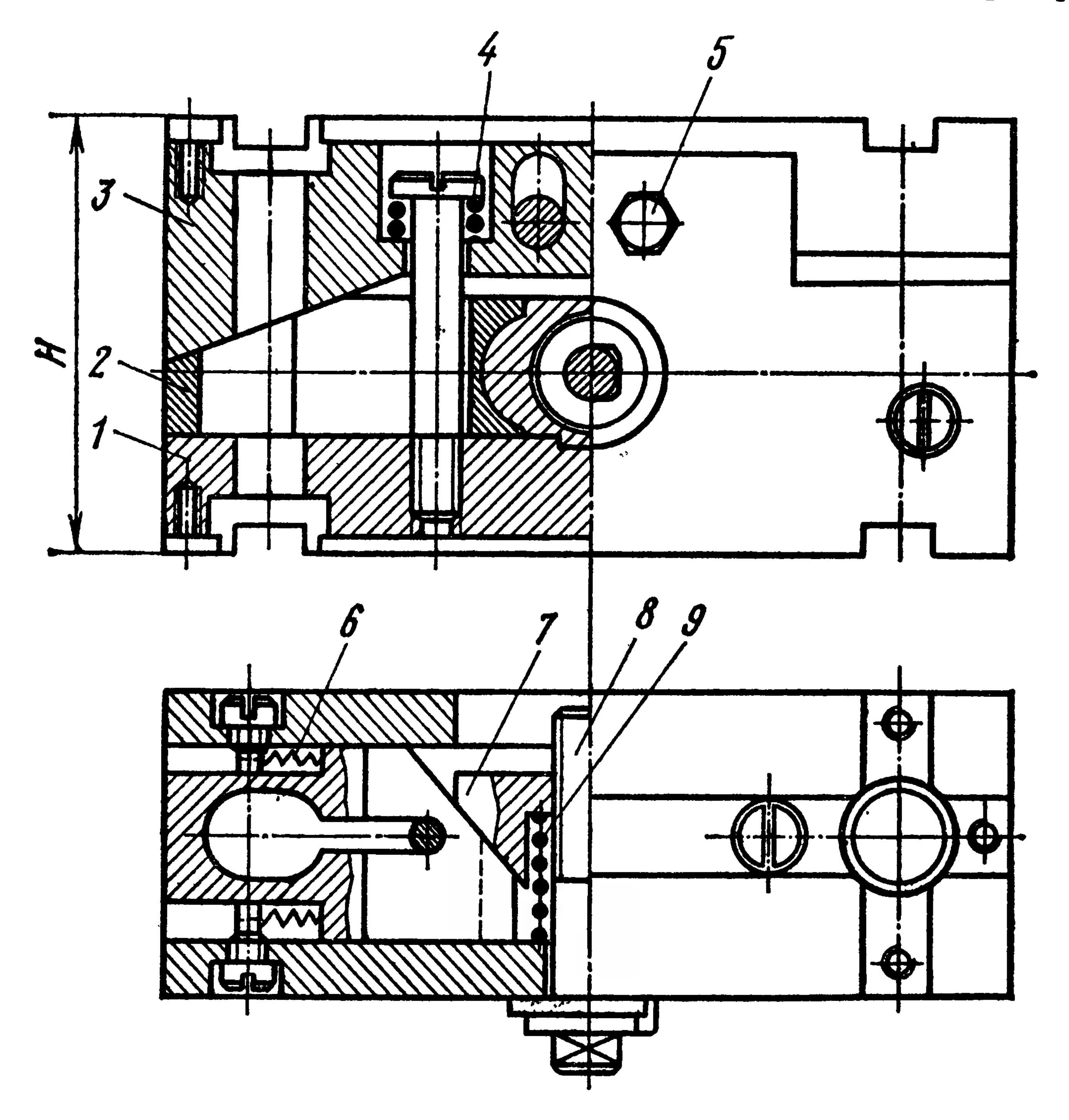


Рис. 97. Регулируемая опора

к втулке *4* винтами *7*. Биение втулки не отражается на точности растачиваемого отверстия, так как втулка вращается вместе с борштангой. Благодаря Т-образным пазам можно выполнить комплектные сборки для растачивания многоосных корпусных деталей.

Регулируемая опора (рис. 97) состоит из корпуса *1*, вертикальных клиньев *2*, верхней плиты *3* и горизонтального клина *7*. При вращении винта *8* клин *2* смещается влево и поднимает плиту *3*, изменяя размер *H* до требуемой величины, после чего плита *3* закрепляется болтом *5*. Предел регулирования 1,5—6 мм, точность

0,01—0,02 мм. Пружины *4, 6, 9* обеспечивают постоянный контакт поверхностей клиньев.

Вспомогательные элементы — шарнирные муфты и переходные конусы используются для соединения борштанг со шпинделем станка.

Контрольные элементы УСПР — центроискатели, измерители и другие — служат для проверки размеров растачиваемых отверстий без вывода борштанги.

Корпусные детали выполняют из стали 12ХН3А с цементацией на глубину 0,8—1,5 мм и закалкой до твердости HRC 58—62, борштанга и резцовые блоки — из стали 40Х с последующим азотированием на глубину 0,5—0,6 мм до твердости НВ 550—600.

Точность выполнения элементов соответствует 6—7-му квалитетам, отверстий в опорах — 5—6-му квалитетам.

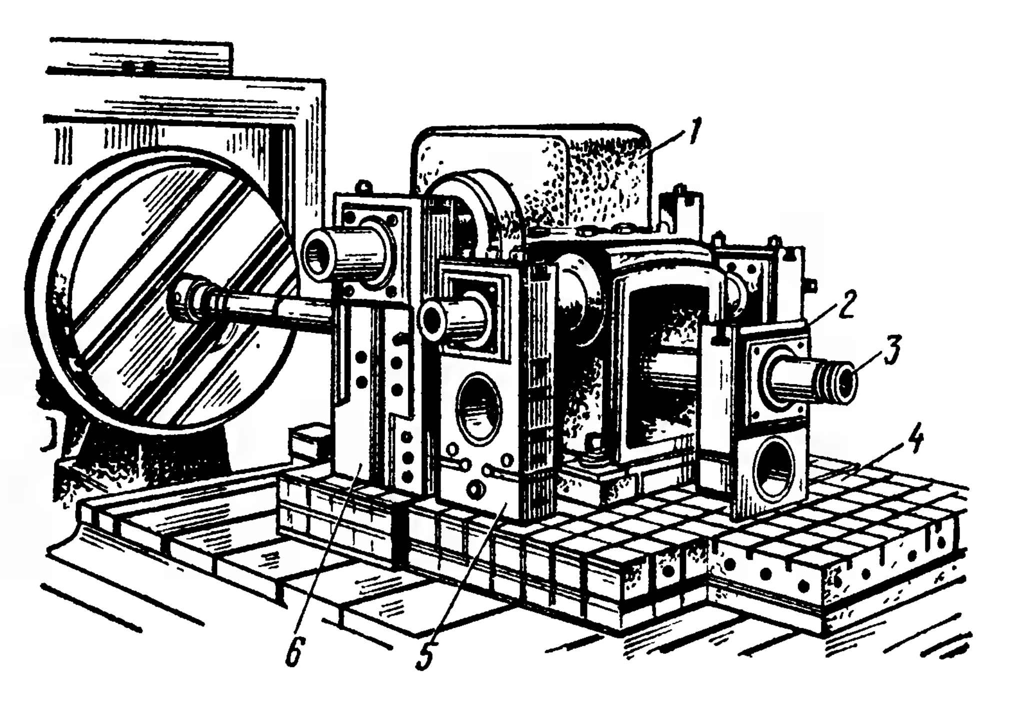


Рис. 98. Приспособление из элементов УСПР для растачивания корпуса редуктора

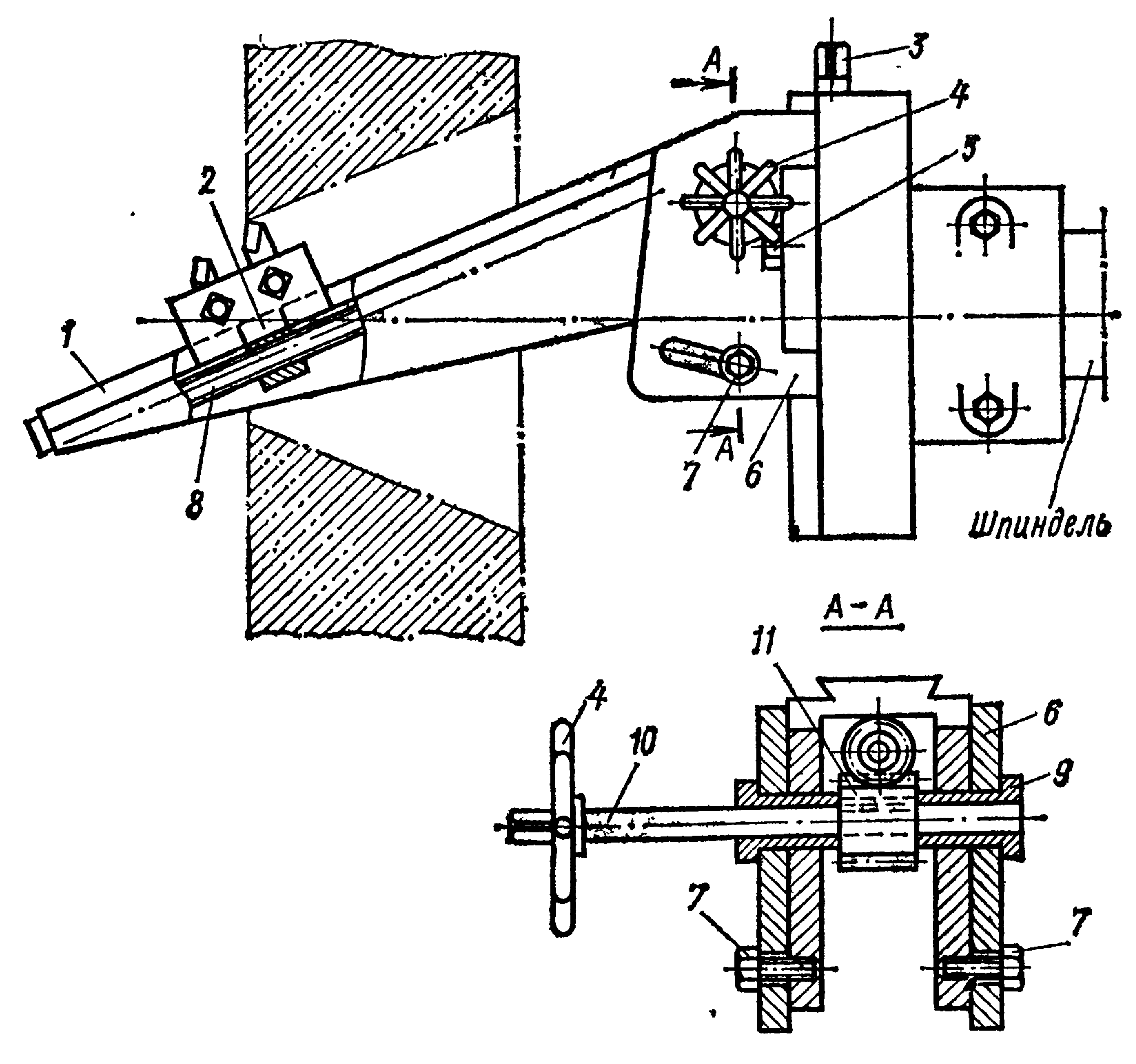


Рис. 99. Приспособление для растачивания конических отверстий

Приспособление для растачивания трехосного корпуса редуктора, собранное из элементов УСПР, показано на рис. 98. Обрабатываемая деталь *1* устанавливается на базовой плите *4*. Расточная борштанга *3* с резцовыми блоками направляется с двух сторон подшипниковыми опорами, смонтированными на регулируемых опорах *2*, *5* и *6*.

Приспособление для растачивания конических отверстий (рис. 99) имеет направляющую *1*, которая поворачивается на угол конуса отверстия во втулках *9*, после чего направляющая *1* закрепляется болтами *7*. Диаметр расточки регулируется вращением винта *3* и перемещением салазок *6*, которые в требуемом положении закрепляются болтами *5*. Резцедержавка *2* периодически перемещается вдоль образующей конусного отверстия благодаря повороту звездочки *4* при встрече с упором, закрепленным на столе станка или на обрабатываемой детали; в результате поворачиваются валик *10*, зубчатое колесо *11* и винт *8*, сообщая подачу резцедержавке *2* с резцами.

§ 10. Регулируемые стойки для опоры борштанг расточных станков

При расточке корпусных деталей на горизонтально-расточных станках применяют борштанги значительных размеров: наружный диаметр до 200 мм, длина до 3500 мм. Массы этих борштанг, оснащенных расточными головками с инструментом, достигают 500 кг. При расточке отверстий различных диаметров приходится пользоваться комплектом борштанг из 2—4 шт. На установку и смену борштанг указанных габаритов и массы требуется значительное вспомогательное время, кроме того, необходимость пользоваться при этом подъемными средствами вызывает значительную потерю рабочего времени на ожидание крана и установку борштанг. Механизировать осевое перемещение борштанги вдоль оси растачиваемых отверстий при ее установке и съеме вообще не удается, и расточнику приходится затрачивать значительные физические усилия при обработке, что утомляет его и снижает производительность.

При обработке деталей с длиной расточки до 1000 мм применяется опорная стойка для борштанг (рис. 100, *а*), что в 2—3 раза сокращает затраты вспомогательного времени. Одновременно в три раза уменьшается масса металла, идущего на изготовление борштанг, так как уменьшается их длина, и значительно облегчается труд расточника.

С применением укороченных борштанг и опорной стойки улучшается и качество расточки из-за бо́льшей жесткости борштанг и уменьшения расстояния между их опорами.

Стойка крепится прихватами к столу станка позади растачиваемой детали. Длина детали в направлении оси расточки определяет место расположения стойки на столе станка.

Стойка имеет сварной корпус 7, плоскости *А* и *Б* которого шабрят под углом 90° с допуском 0,03 мм на длине 1000 мм. На плоскости *А* в направляющих 9 перемещается ползун 3 с отверстием под постоянную втулку 5 и сменные втулки 4, внутренний диаметр которых соответствует диаметрам борштанг. Винт 1, ввернутый в крышку 2, служит для регулирования положения ползуна 3

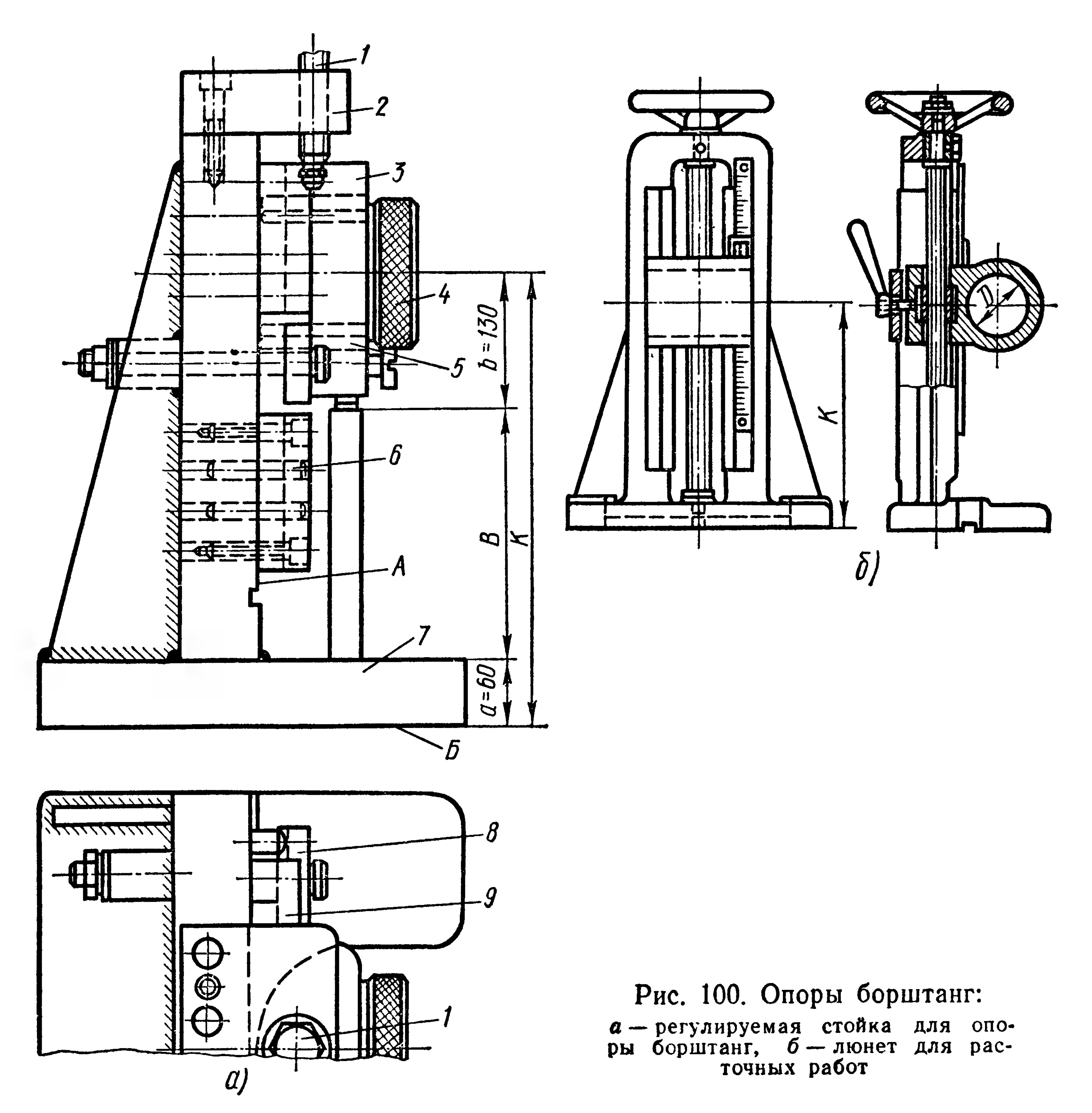


Рис. 100. Опоры борштанг:
а — регулируемая стойка для опоры борштанг, *б* — люнет для расточных работ

по высоте в зависимости от расстояния *К* между осью растачиваемого отверстия и опорной плоскостью стола станка. Этот размер устанавливают с помощью набора мерных плиток на высоту *В*, которая определяется по формуле $B = K - (a + b)$, где *а* и *b* — постоянные размеры стойки, суммарная величина которых клеймится на корпусе стойки.

После установки размера *К* ползун 3 крепится к корпусу 7 двумя прижимами 8.

Для обеспечения перпендикулярности плоскостей направляющих *9* к плоскости основания *Б* до 0,03 мм на длине 1000 мм и расположения базовых торцов этих направляющих в одной плоскости отверстия под штифты *6* в корпусе стойки и направляющих *9* обрабатывают раздельно на координатно-расточном станке с базой от основания стойки и плоскости направляющих.

Наибольший установочный размер *К* назначается в зависимости от габаритов обрабатываемых деталей и наибольших координат расточки. Для описанной конструкции стойки максимальная величина *К* равна 1000 мм.

Люнет (рис. 100, *б*) закрепляют на столе расточного станка и применяют для опоры борштанг диаметром 70 и 80 мм.

По диапазону возможных высот *К* люнеты имеют также два исполнения, которые позволяют регулировать высоту *К* в пределах соответственно 100—350 и 300—550 м.

§ 11. Индикаторная державка для выверки взаимного расположения инструмента, деталей и контроля обработки

Индикаторную державку (рис. 101) конусом *1* вставляют в конус шпинделя. Изогнутый рычаг *7* сферическим наконечником касается базовой поверхности детали или окружности отверстия накладного шаблона.

В зависимости от диаметра растачиваемого отверстия расстояние между сферическим наконечником рычага *7* и осью конуса *1* изменяется вследствие перемещения корпуса *10* по угловой план-

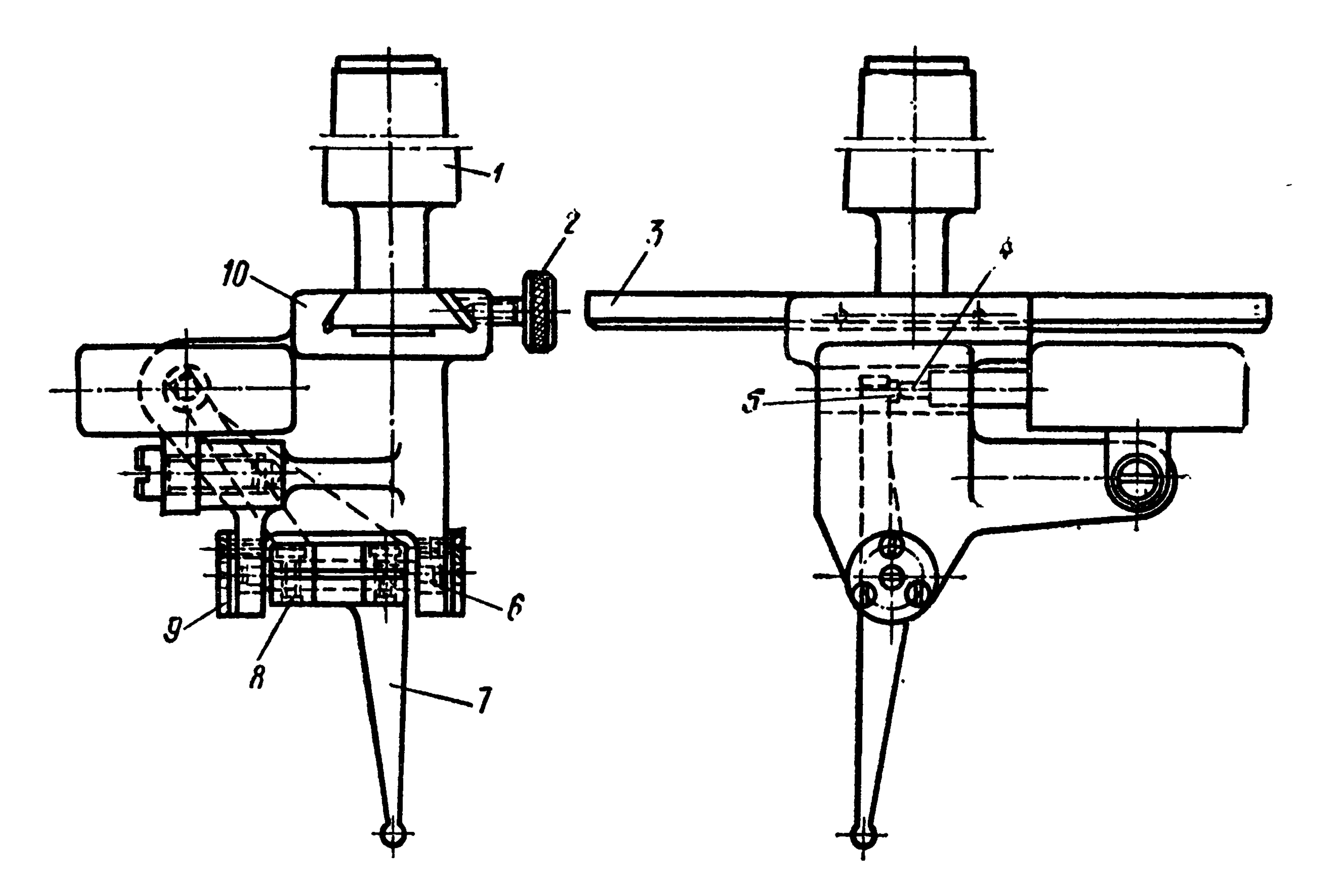


Рис. 101. Индикаторная державка для выверки инструмента, деталей и контроля обработки

ке 3 до касания к базовой поверхности с нужным натягом, после чего винт 2 закрепляют.

При повороте шпинделя станка или движении его вдоль базовой поверхности детали сферический наконечник перемещается по окружности отверстия накладного шаблона или по базовой поверхности детали. При этом индикатор *4*, закрепленный на корпусе *10*, показывает несоосность шпинделя с осью отверстия накладного шаблона, неперпендикулярность базовой поверхности детали к плоскости стола или непараллельность базовой поверхности детали оси шпинделя.

Для повышения точности замера зазор между осью *6* и отверстием в рычаге *7* устраняется при закреплении винтов *8*. Отверстия под опоры *9* в корпусе *10* растачивают на координатно-расточном станке, а цилиндрические и плоские поверхности оси *6*, опор *9*, штыря *5* и планки *3* подвергают доводке или притирке. Плоскости корпуса *10* и клина шабрят.

§ 12. Универсальные приспособления для установки резцов в борштангах

При обработке отверстий на расточных станках с помощью резцов, установленных в борштангах, для получения необходимого диаметра расточки приходится много раз устанавливать резец и делать несколько пробных расточек с замерами отверстия индикатором, штихмасом или калибром. Резец при этом смещают легким ударом (вручную) и закрепляют в новом положении. В условиях переменной номенклатуры обрабатываемых изделий на каждом из расточных станков цеха приходится много раз в течение смены устанавливать резцы на новый размер, что сопряжено со значительной потерей рабочего времени. Кроме того, такой метод установки резцов не обеспечивает хорошего качества расточки и требует высокой квалификации расточников.

Изображенное на рис. 102 универсальное приспособление устраняет перечисленные недостатки.

Приспособление устанавливается на борштангу, прошлифованную по наружному диаметру с определенной посадкой призмой *1*, и закрепляется гайками *2* и откидной планкой *4* в положении, при котором регулировочный винт *3* упирается в торец резца, находящего в окне борштанги. При нецентричном расположении окна под резец устанавливают винт *3* в новое резьбовое отверстие планки *4*.

В отверстие, выполненное на координатно-расточном станке, перпендикулярно оси призмы *1* и строго по ее центру впрессовывается стойка *7*. По этой стойке вертикально перемещается втулка *14*, скрепленная наглухо с поперечиной *8*. Втулка и поперечина могут быть точно отрегулированы по высоте винтом подачи *12*, гайки *13* и рамки *11*, а затем закреплены винтом *9*. Упоры *15* являются контактными поверхностями соприкосновения с вершиной резца *Р* и мерительными плитками *П*. Прижим *6* с пружиной

5 поддерживает правильное и неизменное положение мерительных плиток в процессе установки резца на размер.

Приспособление допускает установку резца с помощью мерительных плиток или микрометрического барабана *10*, взятого от

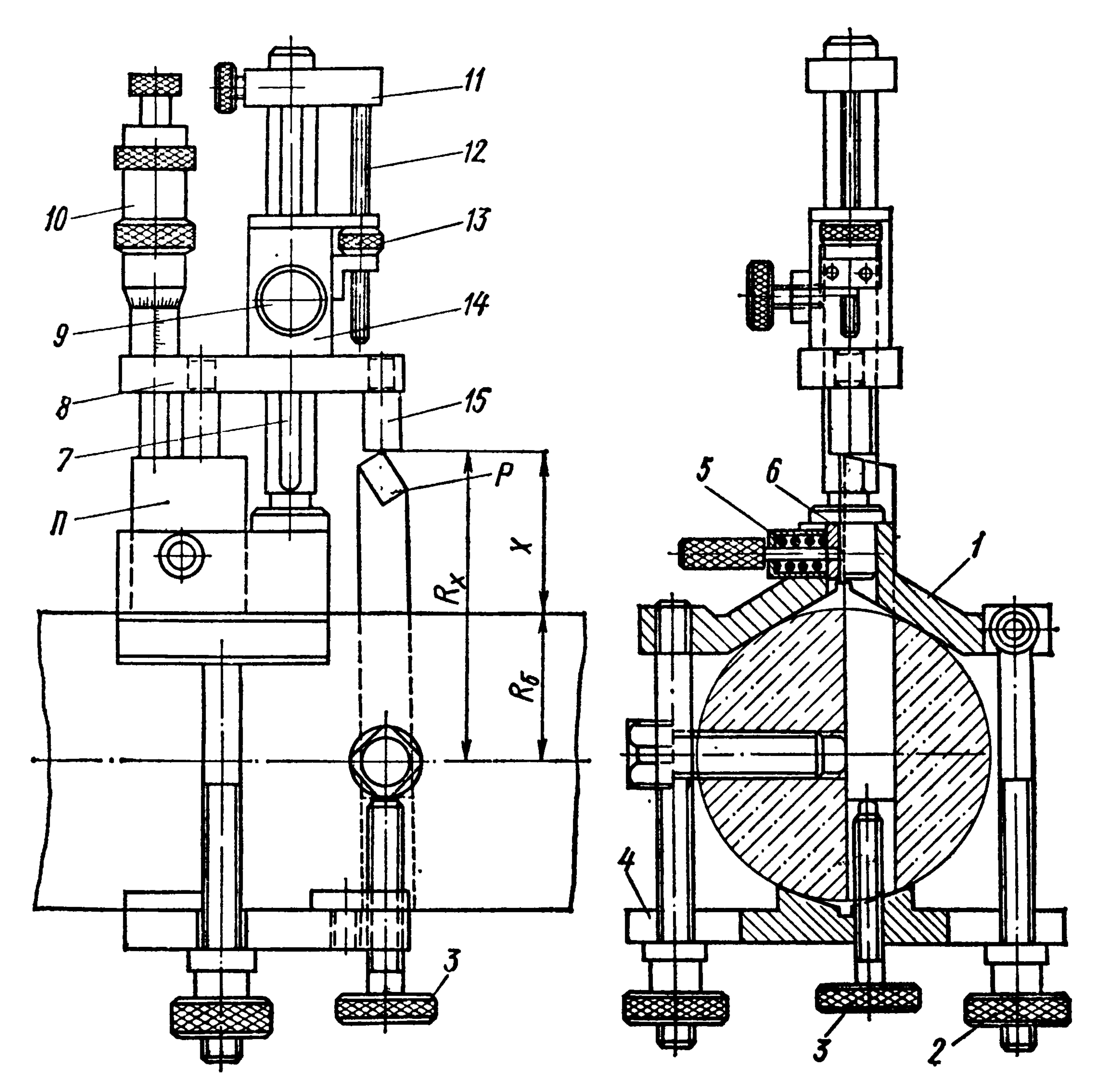


Рис. 102. Универсальное приспособление для установки резцов в борштангах

обычного микрометра. В первом случае установка осуществляется следующим образом. Для получения диаметра расточки D между одним из упоров *15* и борштангой устанавливается набор мерительных плиток размером

$$x = R_х - R_б,$$

где $R_х = \frac{D}{2}$; $R_б$ — радиус борштанги.

Резец подается винтом *3* до соприкосновения с упором *15*, после чего закрепляется стопорным винтом борштанги. Во избежание смещения резца в процессе закрепления положение его контролируется повторным опусканием поперечины *8* до соприкосновения с вершиной резца и проверкой отсутствия зазора между мерительными плитками и торцом второго упора *15*.

В случае установки резца по микрометрическому барабану последний крепится в отверстии поперечины *8* в вертикальном

положении по отношению к оси призмы. При этом отсчет размера x установки резца производится непосредственно по шкале барабана и его нониусу, а нулевое положение микрометрического барабана устанавливается по мерительной плитке определенного размера или от точки касания к образующей борштанги в зависимости от абсолютного размера растачиваемого отверстия. Размер расточки лимитируется габаритами стойки 7 и призмы.

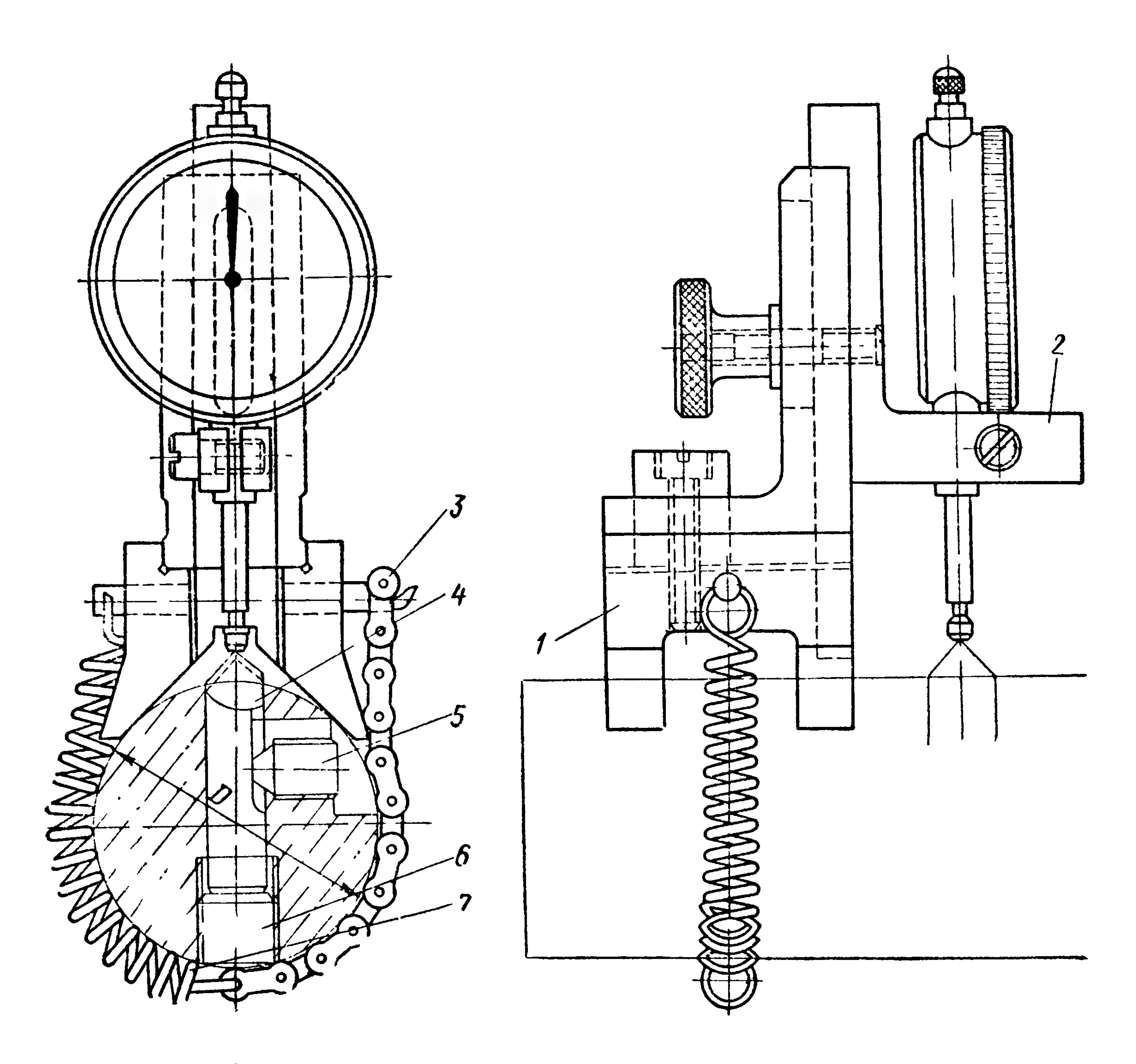


Рис. 103. Стойка с индикаторными часами для установки резцов в борштангах и оправках

Приспособление допускает замер установки резцов от борштанги диаметром до 100 мм, а при необходимости может быть выполнено и на большие диаметры борштанг.

С внедрением приспособления уменьшается вспомогательное время при растачивании отверстий резцом, устраняется опасность появления брака вследствие превышения размера отверстия, и расточка калиброванных отверстий может быть поручена расточнику низкой квалификации.

Комплект из четырех стоек разного размера с индикаторными часами (рис. 103) также применяется для точной установки резцов в расточных борштангах и консольных оправках диаметром от 25 до 125 мм.

После предварительной расточки отверстия замеряют полученный диаметр индикатором внутреннего измерения и рассчитывают величину припуска под окончательную расточку.

Призму *1* закрепляют на борштанге с помощью пружины *7* и роликовой цепи *3* в таком положении, чтобы штифт индикатора приходился против вершины резца. Перемещая угольник *2* по направляющим призмы, добиваются необходимого натяга пружины индикаторных часов. После этого стрелку часов устанавливают в нулевое положение.

Вращая винт *6*, перемещают резец *4* в радиальном направлении на величину припуска под окончательную расточку, после чего стопорный винт *5* закрепляется.

§ 13. Технологическая оснастка для станков с ЧПУ

Для эксплуатации станков с ЧПУ требуется комплекс инструментальной оснастки: вспомогательная оснастка для закрепления и настройки на размер режущего инструмента, стандартный режущий инструмент и специальный режущий инструмент.

Особенность вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ состоит в том, что он имеет специальные хвостовики для крепления в шпинделе и узлы, обеспечивающие настройку режущего инструмента вне станка, а также особо точное исполнение поверхностей и их взаимного расположения, обусловленные бескондукторной обработкой. Вспомогательный инструмент должен иметь широкую номенклатуру, обеспечивать высокую точность, жесткость и виброустойчивость крепления режущего инструмента, предварительную настройку режущего инструмента на заданные размеры обработки, быстросменность при переналадках и смене затупившегося инструмента, универсальность применения.

Погрешность и жесткость инструмента на станках с ЧПУ сказывается на точности обработки, так как инструменты работают консольно без приспособлений. Поэтому применяют более короткие сверла с креплением их в прецизионных цанговых патронах при минимальном вылете. Сверлению предшествует центрование, а отклонение сверла на выходе уменьшается за счет увеличения частоты вращения сверла. Обработка сквозных длинных отверстий производится с двух сторон с поворотом детали на поворотном столе. Отверстия 11-го квалитета обрабатываются сверлением, 8—9-го квалитетов — сверлением, рассверливанием, развертыванием, 8—9-го и 6—7-го квалитетов — сверлением, растачиванием или развертыванием, 6—7-го и 5—6-го квалитетов — сверлением, растачиванием.

На станках с ЧПУ резец заменяют фрезой при растачивании и зенкеровании отверстий, обработке фланца, подрезке внутреннего и внешнего торцов, образовании внутренних кольцевых канавок.

Типовая технологическая оснастка станков с ЧПУ показана на рис. 104: конструкция вспомогательной оснастки для осевого ин-

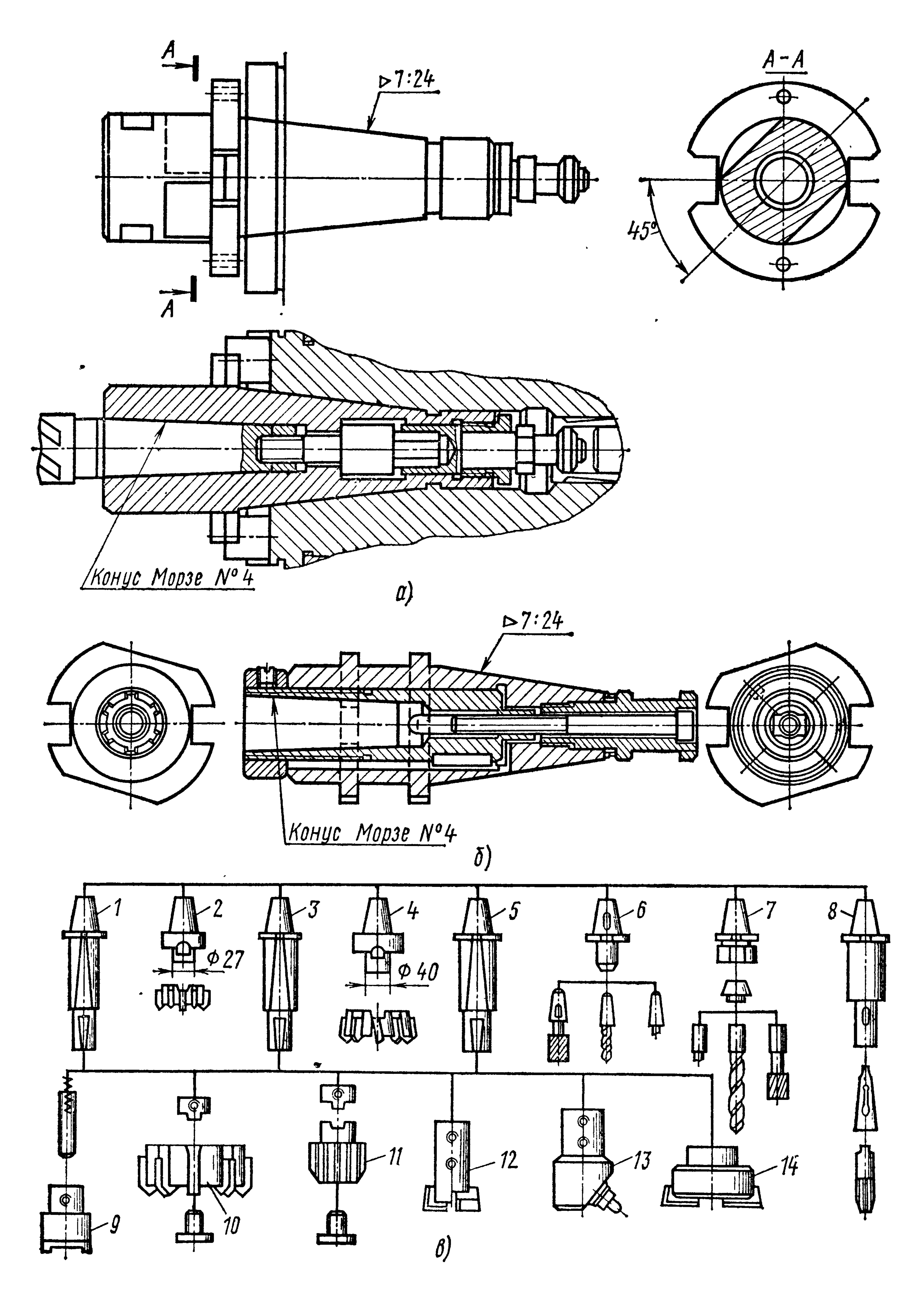


Рис. 104. Технологическая оснастка станков с ЧПУ

струмента фрезерного станка (рис. 104, *а*), многоинструментального станка (рис. 104, *б*); схема нормализованного набора инструментальной оснастки станков с ЧПУ (рис. 104, *в*).

Вспомогательная инструментальная оснастка: оправки *1* с посадочными поверхностями диаметром 22 и 32 мм; оправки *2* для торцовых фрез диаметром до 80 мм, универсальные оправки *3* с посадочными поверхностями диаметром 32 и 50 мм; оправки *4* для торцовых фрез диаметром до 125 мм; универсальные оправки *5* с посадочными поверхностями диаметром 50 и 70 мм; втулки переходные *6* под конусы Морзе от № 1 до № 5; патроны цанговые *7* для сверл и зенкеров и патроны резьбонарезные *8* под метчики для резьб от М4 до М20.

Специальный режущий инструмент: коронки *9* диаметром от 34 до 175 мм, торцовые фрезы *10* диаметром от 50 до 160 мм, развертки *11* диаметром от 14 до 140 мм, регулируемые расточные головки *12*, головки микробора *13* с широким диапазоном регулирования и кольца *14* для комбинированной обработки диаметром от 55 до 200 мм.

В состав инструментальной оснастки станков с ЧПУ включают и приборы для размерной настройки токарных резцовых блоков и блоков осевого инструмента с точностью до 0,01 мм в продольном и поперечном направлениях, а в блоках осевого инструмента — до 0,005 мм по радиусу и 0,015 мм по длине.

Для настройки инструмента вне станка применяют электронные приборы моделей БВ-2011 и БВ-2015.

Обычный стандартный инструмент не обеспечивает эффективное использование станков с ЧПУ, особенно с многоинструментальными магазинами, так как имеет недостаточную жесткость и стойкость. Например, стандартные сверла используют только для черновой обработки; обычные метчики с прямыми канавками не обеспечивают надежный выход стружки; напайные и неперетачиваемые твердосплавные пластины для токарных резцов не имеют стружколомающих канавок, что приводит к поломке резца; стандартные концевые фрезы имеют недостаточную жесткость и т. п. Инструменты для станков с ЧПУ должны обеспечивать стабильность режущих свойств, запрограммированный период стойкости, оптимальные условия эксплуатации, использование твердосплавных неперетачиваемых пластинок, механически закрепляемых и имеющих рациональную форму для возможности обработки одним резцом максимального числа поверхностей детали, более высокую точность изготовления, наличие стружколомающих канавок, возможность регулировки для выставки размеров вне станка на оптических или электронных приборах, более высокую крутизну и полированную спираль канавки фрез, применение праворежущих фрез с левой спиралью и леворежущих с правой спиралью, так как при этом детали прижимаются к столу, несимметричное расположение зубьев фрезы для уменьшения вибрации инструмента, повышенную жесткость режущей части инструмента за счет уменьшения глубины канавки.

Контрольные вопросы

1. Какие установочные и крепежные принадлежности применяются на расточных станках?
2. Какими видами оправок и борштанг оснащаются расточные станки?
3. Объясните, как устроены патроны: быстросменные, для крепления концевых фрез, для крепления метчиков.
4. Объясните конструкцию и принцип работы разъемных блоков.
5. Какими приспособлениями снабжаются горизонтально-расточные станки для сверления отверстий и фрезерования поверхностей?
6. Каким образом можно на расточном станке прошлифовать отверстие?
7. Какие известны конструкции патронов для точной установки резца на заданный диаметр?
8. Как используются расточные микрометрические головки?
9. Объясните конструкцию и принцип работы планшайбы с радиальной подачей резца.
10. Какие принадлежности поставляются с горизонтально-расточным станком?
11. Как устроена регулируемая стойка для опоры борштанг?
12. Из каких элементов состоят специальные приспособления для расточки корпусных деталей?
13. Какие универсальные приспособления существуют для установки резцов в борштангах?
14. В чем состоят преимущества универсально-сборных приспособлений?
15. Как осуществляется бесклиновое крепление инструмента в шпинделе станка и в чем состоят его преимущества?
16. Как устроена и работает головка для суперфиниша отверстий на расточных станках?
17. Каковы основные особенности инструментальной оснастки для станков с ЧПУ?

Глава VII

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ТЕХНИКА ИЗМЕРЕНИЯ

§ 1. Шкальные инструменты для линейных измерений

Определить какой-либо размер — значит сравнить его с другим размером, условно принятым за единицу. Точность измерения определяется главным образом ценой деления шкалы измерительного инструмента, т. е. размером, соответствующим одному делению шкалы.

Контроль валов и отверстий выполняется универсальными шкальными инструментами или специальными жесткими калибрами: скобами, пробками и шаблонами. Рассмотрим конструкцию и принцип действия шкальных инструментов для линейных измерений.

Штангенциркуль (рис. 105, *а*) состоит из штанги *1*, губок штанги *6* и *5*, рамки *9*, губок рамки *7* и *4*, нониуса *3*, зажима рамки *8* и глубиномера *2*. Точность измерения штангенциркулем определяется шкалой нониуса.

Нониусы имеют величину отсчета 0,1; 0,05; 0,02 мм при расстоянии между штрихами нониуса соответственно 0,09; 0,95, 0,98 мм. Деления на штанге наносят через 1 мм. Штрихи на но-

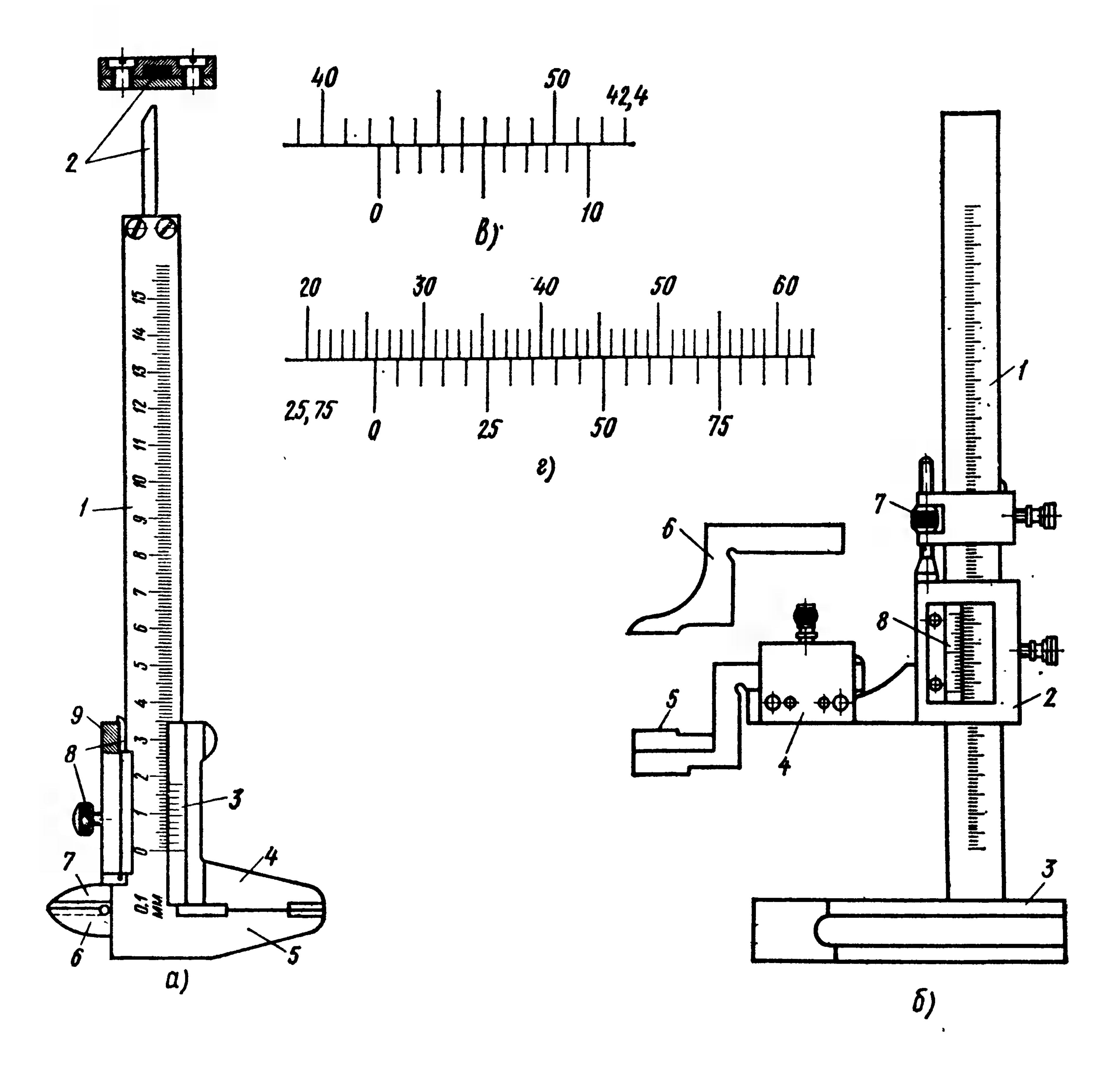


Рис. 105. Инструменты для линейных измерений с точностью 0,1 и 0,05 мм:
а — штангенциркуль, *б* — штангенрейсмас, *в* — установка штангенциркуля на размер 42,4 мм, *г* — установка штангенрейсмаса на размер 25,75 мм

ниусе и штанге выполняют толщиной 0,1 мм. Штангенциркули изготовляют с верхним пределом измерения от 125 до 2000 мм.

Штангенциркули проверяют концевыми мерами 3-го класса при величине отсчета 0,05 и 0,02 мм и 4-го класса при величине отсчета 0,1 мм.

Штангенрейсмас (рис. 105, *б*) применяется для измерения размеров и разметки высот. Основными его узлами являются: штанга *1*, нониус *8*, рамка *2*, основание *3* с плоской опорной поверхностью, рамка *4*, ножки *6* и *5* и узел микрометрической подачи *7*. Остро заточенная ножка *6* служит для разметки, ножка *5*— для измерения высот. Штангенрейсмасы изготовляют с верхними пределами измерения от 200 до 1000 мм. Принцип измерения или установки размера такой же, как и для штангенциркуля,

Отсчет измеряемого размера по шкале нониуса производится следующим образом. Целое число миллиметров отсчитывается по нулевой риске нониуса и шкале штанги, а число десятых и сотых долей миллиметра — по риске нониуса, наиболее точно совпавшей с риской шкалы. Например, на рис. 105, *в* измеряемый размер равен 42,4 мм, а на рис. 105, *г* — 25,75 мм.

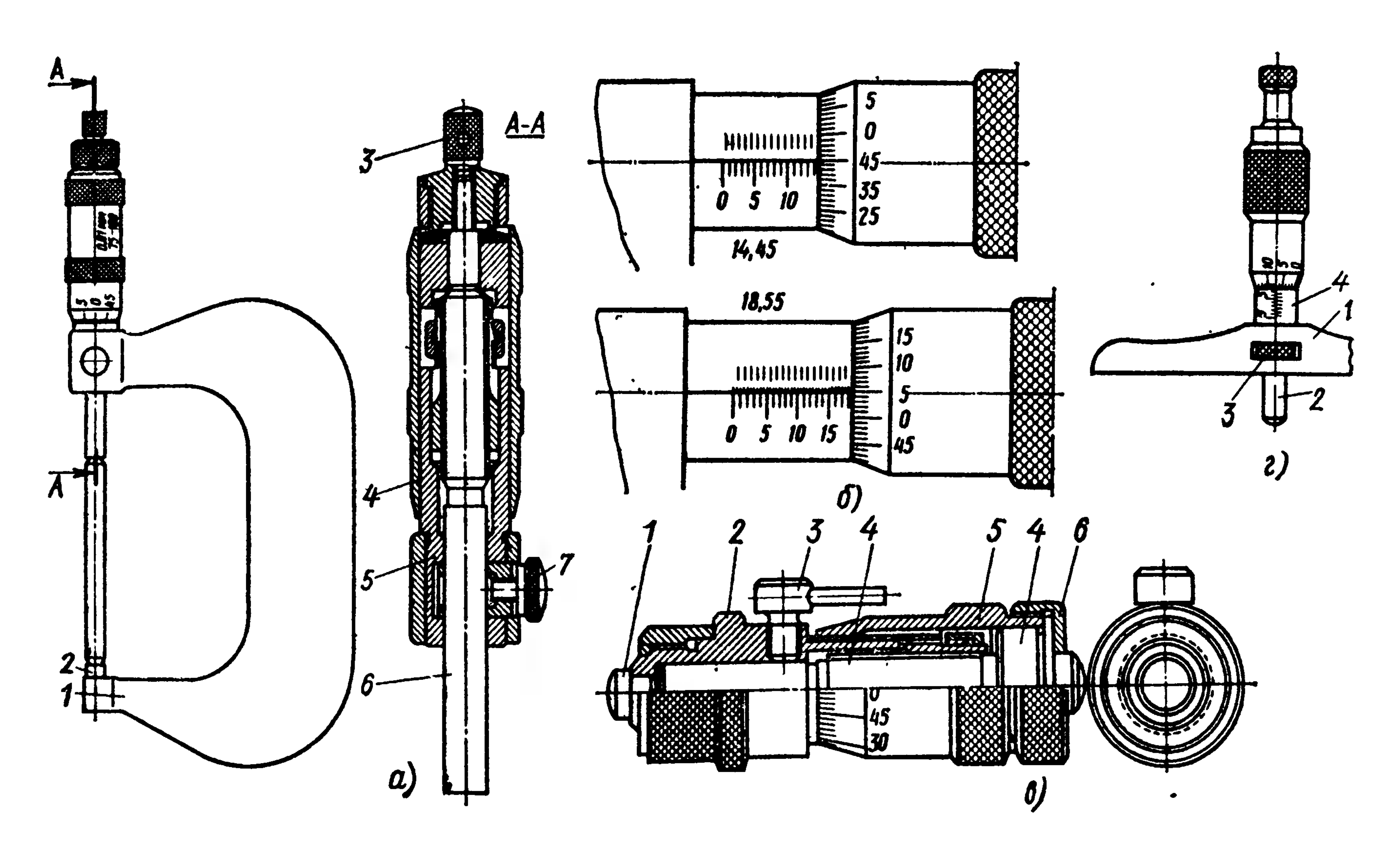


Рис. 106. Инструменты для линейных измерений с точностью до 0,01 мм:
а — микрометр, *б* — шкала микрометра, установленная на размеры 14,45 и 18,55 мм, *в* — микрометрический нутромер, *г* — микрометрический глубиномер

Штангенглубиномер совмещается со штангенциркулем (см. рис. 105, *а*)или выполняется как самостоятельный инструмент. Он состоит из штанги и траверсы с плоской измерительной поверхностью. Измеряемый размер детали соответствует расстоянию от торца штанги до нижней плоскости траверсы.

Верхние пределы измерения штангенглубиномерами составляют 100—500 мм.

Измерение размеров производится аналогично измерению штангенциркулем.

Шкальный инструмент не пригоден для пользования при наличии светового зазора между измерительными губками, искривлении штанги, несовпадении нулевых рисок штанг и нониуса, повреждении мерительных поверхностей и т. п.

Микрометр (рис. 106, *а*) служит для измерения линейных размеров с гарантированной точностью отсчета 0,01 мм. Принцип измерения основан на преобразовании угловых перемещений в линейные при помощи винтовой пары. Основными узлами микрометра являются: скоба *1* с пяткой *2* и стеблем *5*, микрометрический

винт *6* с барабаном *4*, фрикционная передача *3* и стопорное приспособление *7*.

Предельное перемещение микрометра составляет 25 мм. Верхние пределы измерения 25—1600 мм. Особенно высокие требования предъявляются к жесткости микрометра. Пятка *2* и стебель *5* запрессовываются в корпус скобы *1*. Передвижная пятка *2* применяется только для больших размеров микрометров (с 300 мм и выше). Стебель *5* является гайкой для микровинта и одновременно обеспечивает его центрирование и направление по наружному диаметру для соблюдения параллельности измерительных поверхностей.

На наружном диаметре стебля нанесены продольный штрих и поперечные деления через 0,5 мм. На конусной поверхности барабана сделано 50 делений, и, таким образом, поворот микровинта на одно деление барабана соответствует продольному перемещению микровинта на 0,01 мм, так как его шаг равен 0,5 мм. Измеряемый размер с точностью до 0,5 мм отсчитывается по делениям стебля, а с точностью до 0,01 мм — по делениям барабана. На рис. 106, *б* показана установка микрометра на размер 14,45 и 18,55 мм.

Для обеспечения постоянства измерительного усилия (рис. 106, *а*) вращение микровинта производится поворотом винта фрикционной передачи. Пружина трещотки рассчитана на определенное осевое измерительное усилие и предельный крутящий момент, передаваемый на микровинт.

Стопорное приспособление *7* выполняется в виде кольца с винтом или угловым вырезом и роликом или же в виде разрезной гильзы с правой и левой резьбой.

Микрометрический нутромер (рис. 106, *в*) состоит из двух узлов: микровинта *4* с барабаном *5* и гильзы *2* со стопором *3* и измерительным наконечником *1*. На гильзе нанесены поперечные деления через 0,5 мм и продольный штрих. В эту же гильзу ввернут стопор *3*, зажимающий микровинт *4*. Барабан *5* соединен с микровинтом *4* затяжной гайкой *6*, которая навинчена на барабан. Микровинт имеет с правой стороны сферическую измерительную поверхность. Нижние пределы измерения микрометрических нутромеров равны 75—150 мм, которым соответствуют радиусы измерительных поверхностей 25 и 60 мм с шероховатостью не ниже 12-го класса.

Микрометрический нутромер устанавливают на номинальный диаметр измеряемого отверстия и проверяют обычно в измерительной лаборатории. При измерении отверстия надо покачивать нутромер и находить наибольший размер, при этом он устанавливается в диаметральной плоскости строго перпендикулярно оси отверстия. Вращая барабан до упора измерительных поверхностей в стенки отверстия, производят отсчет действительного размера измеряемого отверстия по шкалам гильзы и барабана.

Микрометрический глубиномер (рис. 106, *г*) состоит из основания *1* с измерительной плоскостью, жестко скреплен-

ной с основанием стебля *4*. В этом стебле вертикально перемещается микровинт с измерительным стержнем *2*. Стопор *3* закрепляет микровинт в требуемом положении. Предел измерения глубиномера равен 100 мм.

§ 2. Индикаторы

Индикатор часового типа (рис. 107, *а*) малогабаритного или нормального исполнения выпускается с пределами измерения 0—2; 0—3; 0—5 и 0—10 мм. Шкала индикатора имеет 100 делений. Один оборот стрелки соответствует перемещению измерительного стержня на 1 мм, т. е. цена деления индикатора равна 0,01 мм. По второй шкале циферблата с малой стрелкой отсчитываются целые миллиметры.

Индикатор состоит из корпуса *1*, в котором заключен механизм индикатора с гильзой *5* и ушком *2*, ободка *8*, циферблата *9* и двух стрелок *6* и *7*. В отверстии гильзы *5* перемещается измерительный стержень *4* с наконечником *3*. Стержень перемещается под действием зубчато-реечной передачи, состоящей из рейки *10*, цилиндрических шестерен $z_1=10$, $z_3=16$, $z_2=100$, $z_4=100$ и пружинного волоска *11*, благодаря которому устраняется мертвый ход (рис. 107, *б*). Измерительный наконечник постоянно находится в контакте с измеряемой поверхностью. Установка стрелки в нулевое положение производится вращением шкалы, соединенной с ободком.

Кинематическая схема микронного индикатора (рис. 106, *б*) отличается от схемы индикатора часового типа нормального исполнения наличием рычага с передачей $a:б=1:10$. Цена деления шкалы микронного индикатора 0,001 мм. Один оборот стрелки соответствует перемещению измерительного стержня на 0,1 мм. Пределы измерения от 0 до 1 мм.

Рычажно-зубчатый индикатор (рис. 107, *в*) имеет цену деления 0,01 мм, пределы измерения 1 мм, измерительное усилие 500—1500 мН, диаметр стрелки шкалы 40 мм. Кинематическая схема индикатора простая и состоит из двуплечевого рычага R_1-R_2 и зубчатого зацепления R_2-R_3.

Индикаторный нутромер (рис. 107, *г*) применяется для измерения отверстий диаметром от 18 до 1000 мм. Благодаря центрирующему мостику *1* минимальное показание нутромера, соответствующее измеряемому размеру, определяется покачиванием нутромера в осевой плоскости.

Давление измерительного наконечника *2* передается через рычаг *3* штоку *4* и измерительному стержню индикатора *6*, закрепленного в корпусе *5* винтом *7*. Пружина *8* компенсирует действие сил трения и массы и устраняет люфт передаточных элементов. Шток *4* направляется через отверстия во втулках *10*. В отверстиях корпуса нутромера перемещается измерительный наконечник *2* и закреплен неподвижный регулируемый упор *11*. Ручка *9* является одновременно и термоизолятором.

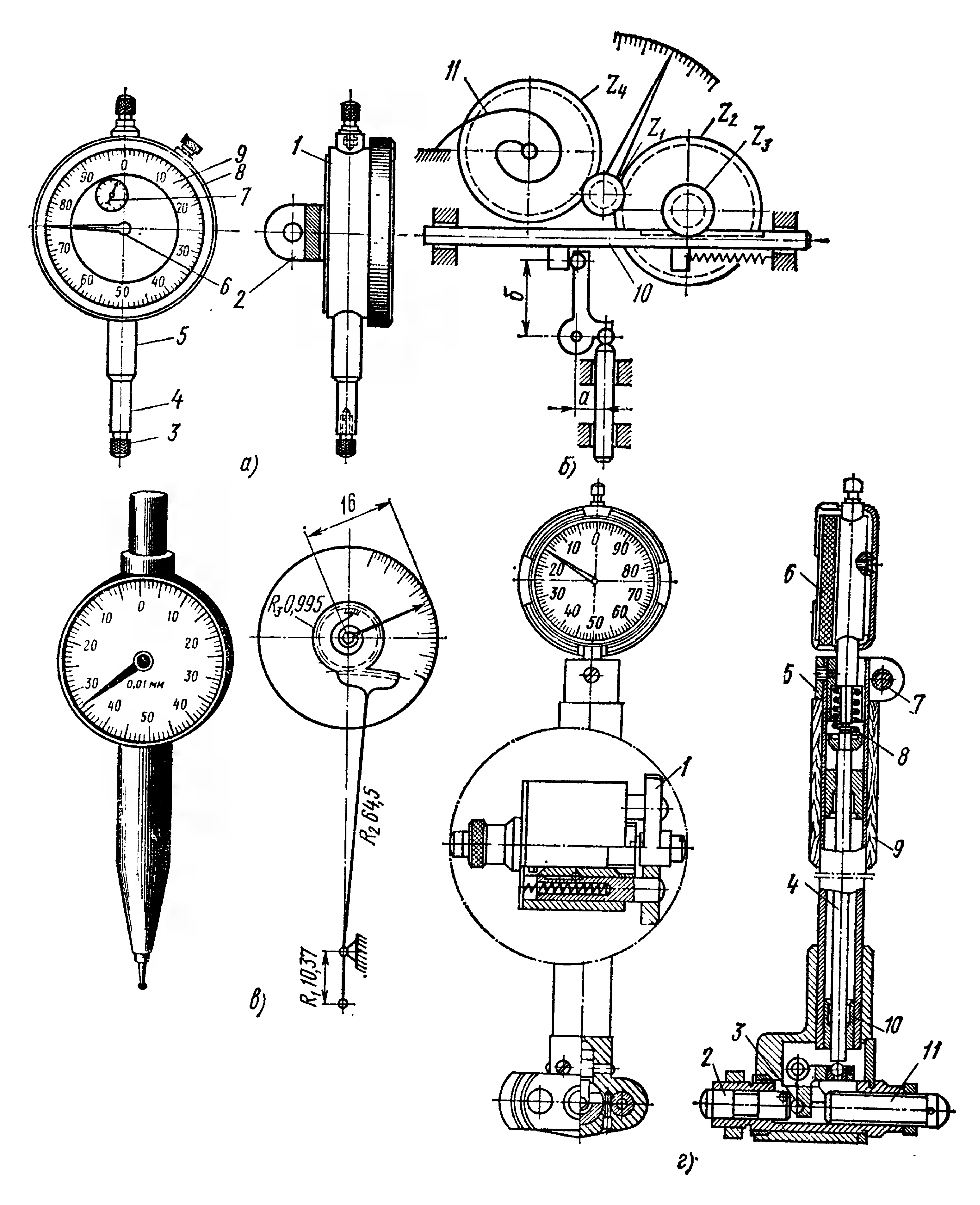


Рис. 107. Индикаторы:

а, б — часового типа, *в* — рычажный, *г* — внутреннего измерения

Регулируемый упор *11* подбирают и закрепляют в зависимости от диаметра измеряемого отверстия. Индикаторный нутромер устанавливают в нулевое положение по эталонному установочному кольцу, диаметр которого соответствует номинальному диаметру отверстия, или по микрометру, предварительно настроенному на требуемый диаметр с помощью набора концевых мер.

§ 3. Проверочные инструменты

Уровень служит для определения отклонений обрабатываемых поверхностей от горизонтального или вертикального положения. Рамный уровень (рис. 108) состоит из ампулы *1* и корпуса *2*. Ампула — стеклянная трубка, внутренняя поверхность которой выполнена по определенному радиусу малой кривизны. Ампула за-

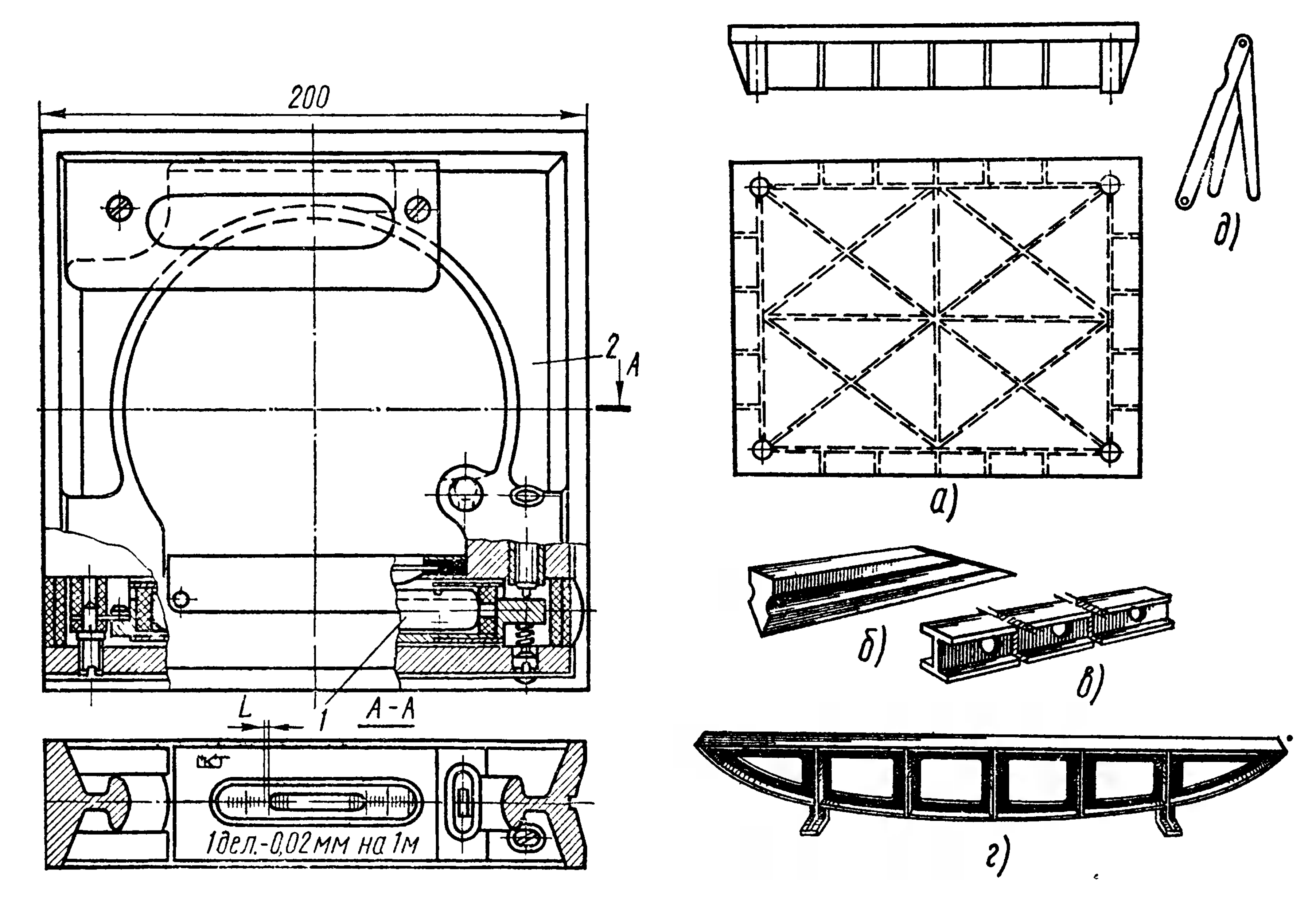


Рис. 108. Уровень

Рис. 109. Проверочные инструменты: *а* — плита плоская, *б* — лекальная линейка, *в* — двутавровая линейка, *г* — мостиковая линейка, *д* — щуп

полнена этиловым спиртом так, чтобы внутри трубки остался небольшой пузырек воздуха с парами спирта. Ценой деления уровня является угол, на который надо наклонить уровень, чтобы пузырек переместился на одно деление. Для рамных уровней цена деления может быть от 4″ до 1′. Расстояние между штрихами $L=2$мм.

Если $L=2$, $\varphi=4''$, прогиб $R=103$ м. Угол наклона плоскости $\varphi=4''$ соответствует уклону 0,02 мм на длине 1 м. Если $L=2$ мм, $\varphi=8''$, тогда $R=51{,}5$ м, а уклон составит 0,04 мм на длине 1 м. При установке уровня в горизонтальной или вертикальной плоскости отклонение пузырька от среднего положения не должно превышать 0,25 деления. Горизонтальное положение уровня в двух взаимно перпендикулярных направлениях контролируется за один установ уровня по показаниям продольной и поперечной ампул.

Контрольные плиты (рис. 109, *а*) применяют для контроля плоскостности и прямолинейности поверхностей. Плиты разделяют на поверочные и разметочные. Плиты стандартных размеров выполняют от 100×200 до 1000×2000 мм с тремя или четырьмя опорами.

Плиты отливают из высококачественного серого чугуна и разделяют на классы точности: 0, 1, 2 и 3-й. Плоскостность и качество рабочих поверхностей шабреных поверочных плит 0, 1 и 2-го классов и строганых разметочных плит 3-го класса определяются числом пятен, приходящихся на квадрат со стороной 25 мм. Для плит 0 и 1-го классов точности количество пятен должно быть не менее 25, для плит 2-го класса точности — не менее 20, для плит 3-го класса точности — не менее 12. Для проверки на краску взаимно перпендикулярных плоскостей применяют угловые плиты в виде угольников с широкой полкой.

Линейки (рис. 109, *б, в, г*) применяют для проверки прямолинейности плоскостей по методу просвета или по количеству пятен на краску. Типы линеек следующие: лекальные, прямоугольные, двутавровые, мостиковые и угловые. Проверочные линейки изготовляют по четырем классам точности: 0, 1, 2, 3-му. Лекальные линейки (рис. 109, *б*) изготовляют только по 0 и 1-му классам точности с допустимым отклонением от прямолинейности от 0,003 до 0,007 мм. Линейки с широкой полкой (рис. 109, *в, г*) выпускают по 1—3-му классам точности с шероховатостью рабочих поверхностей 9—10-го классов. Проверка линеек на краску осуществляется аналогично проверке плит, за исключением линеек 3-го класса, которые нормируются только по линейным отклонениям.

Щупы (рис. 109, *д*) применяют для контроля зазоров между поверхностями в пределах от 0,03 до 1,0 мм. Они выпускаются наборами из 8—16 шт. Например, набор № 3 содержит щупы толщиной: 0,03, 0,04, 0,05, 0,06, 0,07, 0,08, 0,09, 0,15, 0,2, 0,25, 0,3, 0,35, 0,4, 0,45, 0,5 мм.

§ 4. Предельные калибры и шаблоны

Жесткие калибры-скобы (рис. 110, *а, б, в*) для контроля валов разделяют на регулируемые и нерегулируемые, односторонние и двусторонние, однопредельные и двухпредельные, цельные и сборные.

Регулируемые скобы при износе проходной стороны могут быть восстановлены за счет повторной регулировки и доводки измерительных поверхностей.

Двусторонняя скоба имеет измерительные поверхности с двух сторон, соответствующие предельным размерам вала (проходная и непроходная стороны). Рабочие поверхности непроходной стороны не подвергаются износу и поэтому делаются более короткими.

Двухпредельная скоба обеспечивает контроль детали по верхнему и нижнему предельным размерам, но конструктивно она может быть выполнена как односторонняя или двусторонняя. В пер-

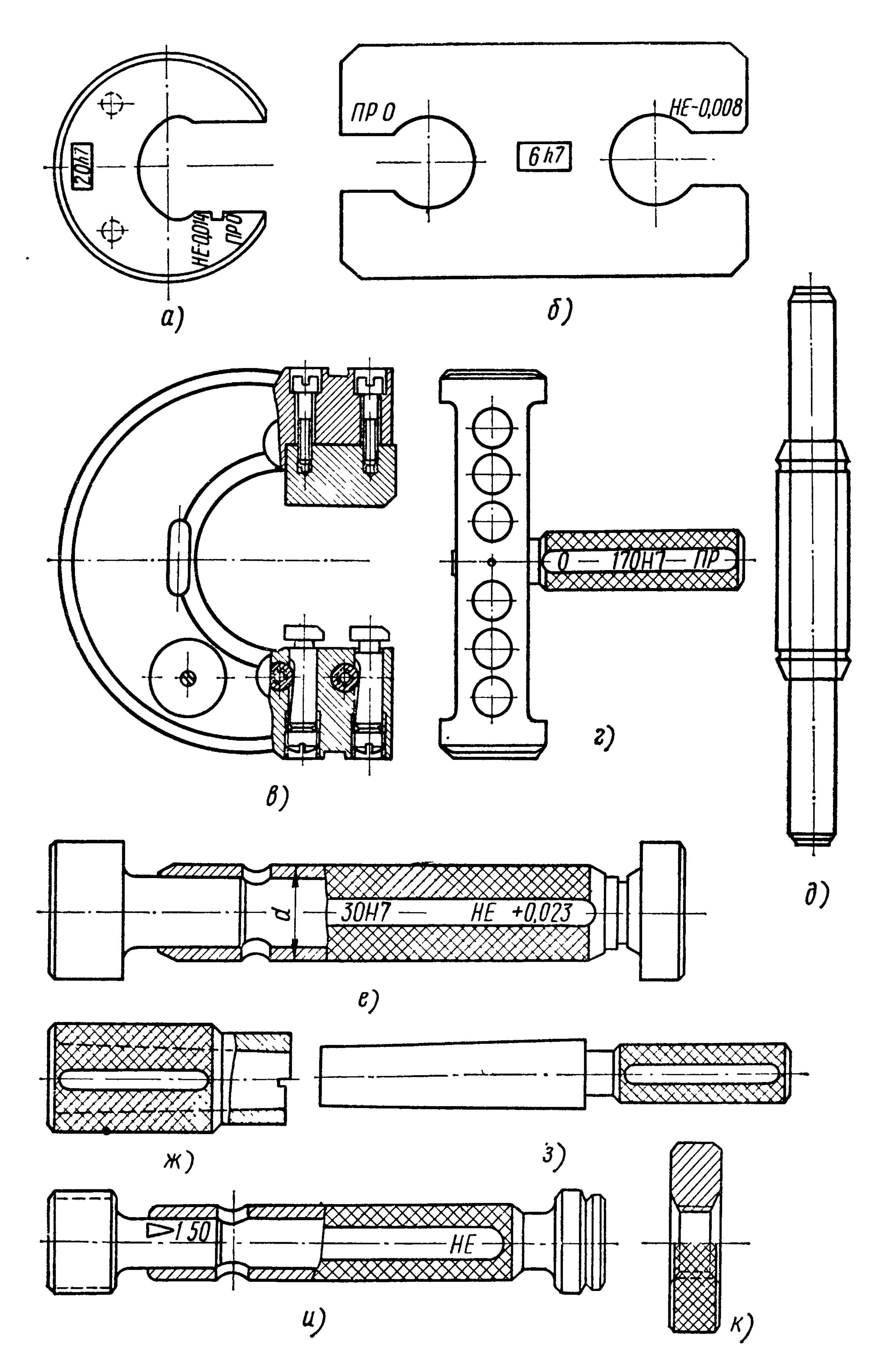


Рис. 110. Предельные калибры:

а — скоба односторонняя, *б* — скоба двусторонняя, *в* — скоба регулируемая, *г* — пробка срезанная, *д* — штихмас, *е* — пробка цилиндрическая, *ж* — втулка конусная, *з* — пробка конусная, *и* — пробка резьбовая, *к* — кольцо резьбовое

вом случае оба предельных размера выполняют последовательно на одной стороне скобы и разделяют канавкой, причем вал контролируется по двум предельным размерам с одного захода скобы.

Цельные скобы для контроля малых диаметров валов выполняют из листового материала. Сборные скобы чаще всего применя-

ют для контроля больших размеров и имеют сварную или регулируемую конструкцию.

Калибры-пробки для контроля отверстий могут быть выполнены с точечным контактом (штихмасы) для диаметров свыше 250 мм (рис. 110, *д*), с линейным контактом (срезанные пробки) для диаметров 100—250 мм (рис. 110, *г*) и с поверхностным контактом (цилиндрические пробки) для диаметров до 100 мм (рис. 110, *е*).

Конусные калибры-втулки (рис. 110, *ж*) и пробки (рис. 110, *з*) для контроля конических валов и отверстий имеют две предельные риски на пробке и соответствующие ступени на торце втулки для контроля наибольшего и наименьшего диаметров отверстия и вала. Угол конуса контролируют по краске, нанесенной тонким слоем на образующую пробки или втулки. При повороте пробки на 45—60° по конусной поверхности отверстия краска должна равномерно стираться по всей длине пробки.

Резьбовые калибры-пробки (рис. 110, *и*) и кольца (рис. 110, *к*) служат для контроля предельных размеров среднего приведенного диаметра резьбы, который рассчитывается с учетом допускаемых отклонений по шагу резьбы, углу профиля и собственно среднему диаметру резьбы.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные детали штангенциркуля и микрометра.
2. Как производится отсчет размера по штангенциркулю, микрометру?
3. Объясните устройство микрометрического нутромера.
4. Как пользуются индикаторными часами?
5. Что называется ценой деления уровня?
6. Как пользоваться контрольной плитой и линейкой?
7. Чем отличается скоба двусторонняя от двухпредельной?
8. Как пользоваться конусными калибрами?

Глава VIII

КОНТРОЛЬ РАСТОЧНЫХ РАБОТ

§ 1. Проверка плоских поверхностей

Существуют следующие методы проверки прямолинейности плоскостей: по лекальной линейке; на краску по контрольной плите; по контрольной линейке (на краску, с помощью концевых мер или с применением индикатора).

Проверка на прямолинейность небольших поверхностей (длиной до 500 мм) производится наложением на поверхность детали лекальной линейки и наблюдением за световой щелью между кромкой линейки и поверхностью детали.

При проверке на краску плоскостей длиной до 2 м при помощи контрольной плиты или линейки контролируют равномерность расположения окрашенных пятен и количество этих пятен, приходящееся на квадрат со стороной 25 мм.

При проверке контрольной линейки под щуп или концевыми мерами удается замерять отклонения от прямолинейности с точностью до 0,02 мм. Под линейку длиной свыше 500 мм для уменьшения ее прогиба под действием собственной массы подкладывают две измерительные плитки одинаковой высоты на расстоянии $^2/_9$ ее длины, считая от концов линейки. При измерении записывают величины зазоров между линейкой и плоскостью. Перемещая линейку через определенные расстояния, кратные ее длине, строят соответствующий график, который дает наглядное представление об отклонении от прямолинейности плоскости.

При проверке плоскости индикатор перемещают по шагу вдоль линейки, опираясь измерительным штифтом о верхнюю полку линейки. Колебание показаний стрелки индикатора указывает степень непрямолинейности плоскости. По показаниям индикатора может быть построен график прямолинейности плоскости с точностью до 0,01 мм.

Проверка плоскостности по рамному или универсальному уровню применяется для плоскостей длиной более 2 м и обеспечивает точность замера до 0,01 мм на длине 1 м.

Проверка п а р а л л е л ь н о с т и поверхностей выполняется: непосредственным измерением размера между поверхностями универсальными измерительными приборами (штангенциркулем, штихмасом, глубиномером, концевыми мерами, микрометром

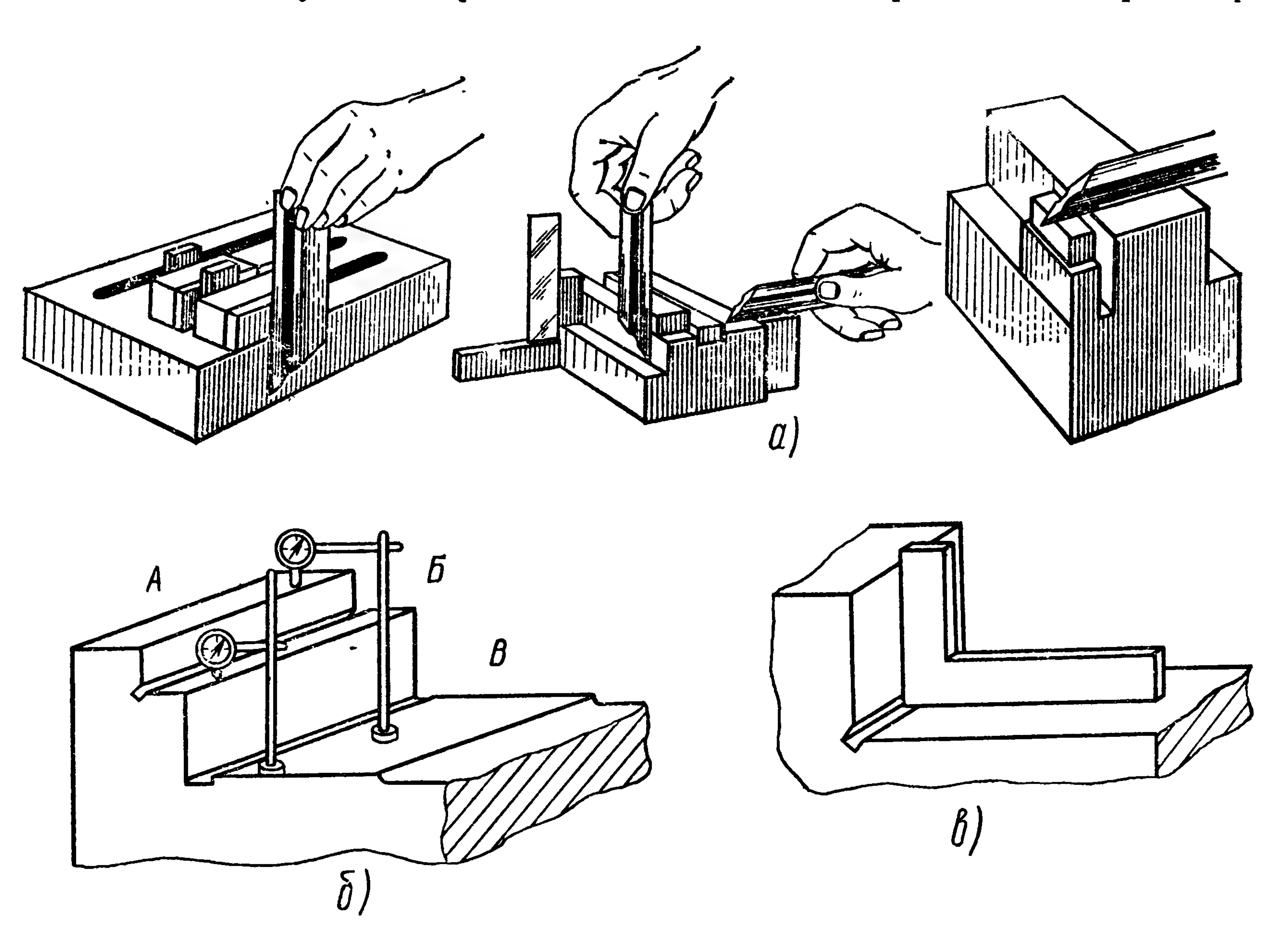


Рис. 111. Контроль параллельности и перпендикулярности поверхностей:

а — проверка параллельности поверхностей непосредственным измерением размера между поверхностями, *б* — то же, способом сравнения с исходной базой, *в* — проверка перпендикулярности поверхностей угольником

и др.), как показано на рис. 111, *а, б*; способом сравнения с исходной базой (рис. 111, *б*) когда, например, параллельность плоскостей *А* и *Б* контролируется сравнением показаний индикатора для этих поверхностей при перемещении индикатора вдоль исходной базовой поверхности *В*.

Проверка перпендикулярности поверхностей выполняется с точностью до 0,02 мм на 1 м длины с применением угольника (рис. 111, *в*), универсального или рамного уровня.

§ 2. Погрешности формы поверхностей и расположения отверстий в корпусных деталях

Погрещности формы поверхностей определяются влиянием факторов, не зависящих от нагрузки (геометрические погрешности станка, зазоры в технологической системе, вызывающие самопроизвольное перемещение частей станка) и зависящих от нагрузки, учитываемые как погрешность размеров, определяющих точность формы, и рассчитываемые как разность размеров одной и той же детали.

Погрешность формы в продольном направлении определяется измерением конусности ($\Delta_к$) и в поперечном направлении — измерением овальности ($\Delta_о$) отверстия.

Суммарная погрешность формы $\Delta_ф = \Delta_к + \Delta_о$. Типы погрешностей расположения отверстий следующие:

смещение осей отверстий Δ — выражается расстоянием между осями (рис. 112, *а*);

непрямолинейность оси соосных отверстий — определяется как отклонение осей отверстий от прямой (рис. 112, *б*);

непараллельность осей отверстий — представляет собой отношение разности расстояний между осями в двух поперечных сечениях к расстоянию между сечениями (рис. 112, *в*);

перекос осей — это отношение разности *К* расстояний от двух точек одной оси до плоскости, проходящей через вторую ось и общий перпендикуляр для обеих осей, к ширине корпуса *L* (рис. 112, *г*);

ошибка в угле Δ_φ между осями отверстий выражается разностью между действительными и номинальными углами $\Delta_\varphi = \varphi_д - \varphi_н$ (рис. 112, *д*);

нескрещивание двух пересекающихся осей определяется как наименьшее расстояние между ними (рис. 112, *е*);

непараллельность оси отверстий базовой поверхности представляет собой отношение разности расстояния от оси до базовой поверхности в двух поперечных сечениях к расстоянию между ними (рис. 112, *ж*);

ошибка Δ в расстоянии между торцами соосных отверстий (рис. 112, *з*), кольцевыми канавками для фиксации подшипников качения (рис. 112, *и*), осями отверстий (рис. 112, *к*), осью одного и торцом другого отверстия с перпендикулярной осью (рис. 112, *л*), осью отверстия и базовой поверхностью (рис. 112, *м*) определяет-

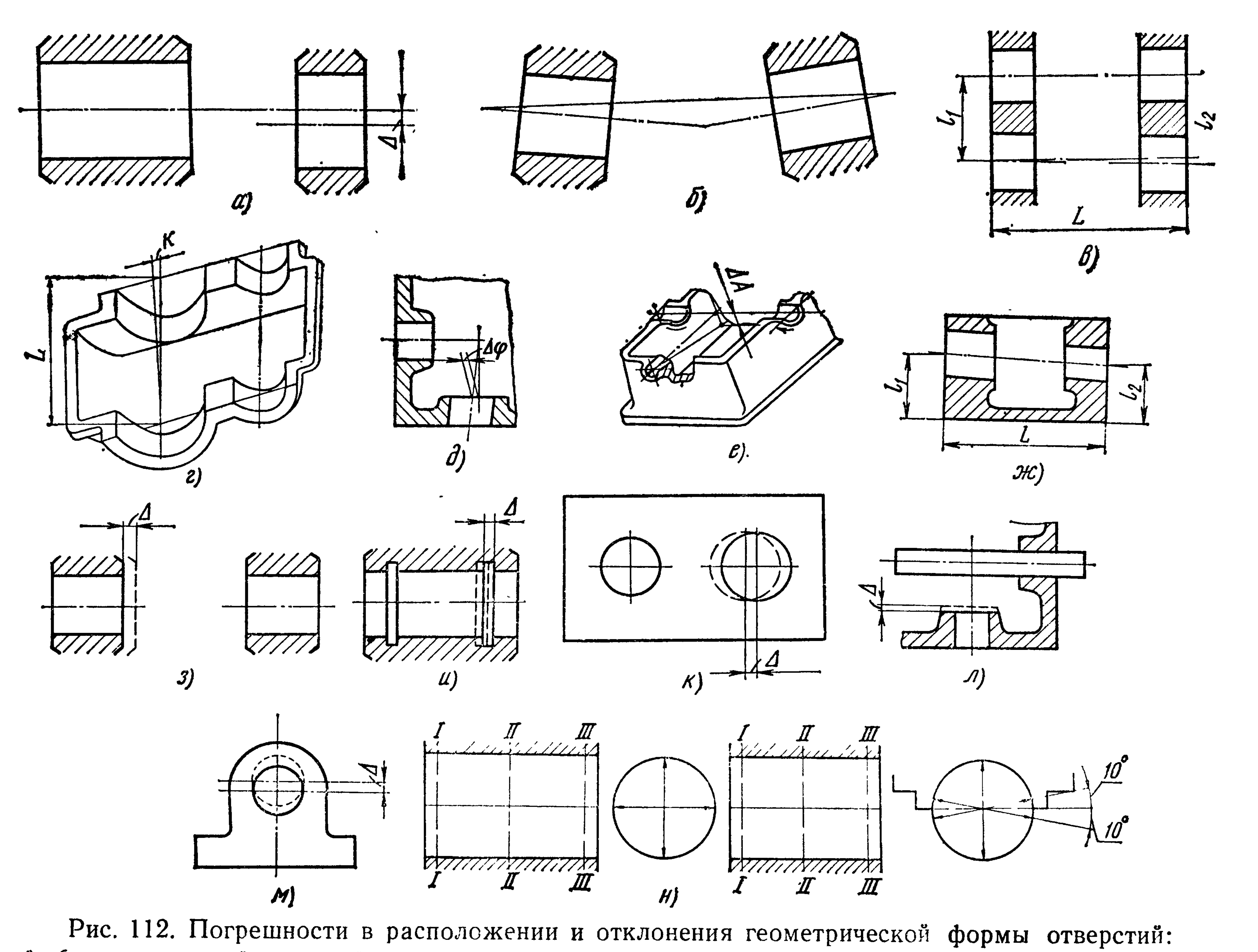


Рис. 112. Погрешности в расположении и отклонения геометрической формы отверстий:

а — смещение осей, *б* — непрямолинейность осей, **в** — непараллельность осей, *г* — перекос осей, *д* — ошибка в углах между осями, **е** — нескрещивание осей, *ж* — непараллельность оси отверстия базовой поверхности, *з* — ошибка в расстоянии между торцами отверстий, *и* — ошибка в расстоянии между кольцевыми канавками, *к* — ошибка в расстоянии между осями отверстий, *л* — ошибка в расстоянии между осью одного отверстия и торцом другого, *м* — ошибка в расстоянии между осью отверстия и базовой поверхностью, *н* — конусность и овальность отверстий

ся как разность между действительным и номинальным размерами.

Смещение осей соосных отверстий и непараллельность осей при наличии трех опор и более одного вала не должны превышать 0,02—0,03 мм, для двух опор — 0,03—0,05 мм в зависимости от диаметра и длины растачиваемого отверстия, типа подшипника и точности механизма.

Ошибка в угле между осями отверстий под конические колеса с прямым зубом 3-го и 4-го классов точности не должна превышать 0,02 мм на 100 мм длины оси.

Ошибка в расстоянии между торцовыми поверхностями соосных отверстий и кольцевыми канавками для фиксации подшипников качения допускается в пределах от 0,2 до 2,0 мм.

9. Условное изображение на чертежах точности обработки поверхностей

Содержание технических условий	Допустимое отклонение	Условное обозначение
Перпендикулярность поверхностей	0,03 мм на 100 мм	0,03:100; 0,03:100
Непараллельность осей отверстий	0,02 мм на 100 мм длины	0,02:100; 0,02:100
Смещение осей отверстий (несоосность)	0,02 мм	0,02
Неконцентричность одной цилиндрической поверхности другой цилиндрической поверхности	0,01 мм	0,01
Цилиндричность поверхности (овальность)	0,02 мм	0,02; 0,02
Конусность цилиндрических поверхностей отверстий и валов	0,02 мм на 200 мм длины	0,02:200

Непараллельность оси отверстий базовой поверхности и точность расстояния от оси отверстия до базовой поверхности зависят от характера механизмов, применяемых компенсаторов и способов передачи движения и могут меняться в довольно широких пределах. Более жесткий допуск задается на параллельность осей отверстий базовым поверхностям для обеспечения правильного монтажа узлов.

Для конкретных случаев обработки точность расположения отверстий оговаривается в технических условиях чертежей обрабатываемых деталей.

Чертеж детали кроме размеров и допусков содержит технические условия на обработку: параллельность, перпендикулярность поверхностей и осей отверстий, соосность, овальность, конусность и смещение осей отверстий. Примеры обозначения на чертежах требующейся точности изготовления приведены в табл. 9.

§ 3. Проверка отверстий

Проверка отверстий деталей после растачивания отверстий по 6-му и 7-му квалитетам осуществляется или непосредственно на столе станка при ослабленном креплении, или на контрольной плите, когда разность температур детали и измерительных инструментов не превышает 3°С.

Измерение конусности и овальности отверстия выполняется на длине детали в трех сечениях, перпендикулярных оси отверстия, на расстоянии 15—20 мм от концов отверстия и в середине. В каждой из этих плоскостей делают по два замера во взаимно перпендикулярных направлениях для сплошных отверстий и по три замера для разъемных отверстий (один в вертикальной плоскости и два под углом ±10° к плоскости разъема, рис. 112, *н*).

Отверстия измеряют жесткими калибрами, индикаторными нутромерами или штихмасами с предельной погрешностью измерения до 20 мкм.

Жесткими калибрами измеряют отверстия, диаметры которых соответствуют ГОСТ или расположены в труднодоступных для измерения местах (в последнем случае применяют калибры с удлиненными ручками). Индикаторными нутромерами или штихмасами проверяют отверстия большого диаметра, нестандартного или дробного размера, или выполненные по замерам сопрягаемой детали.

При проверке диаметра отверстия предельным калибром проходной калибр должен входить в отверстие без усилий.

При обработке отверстий борштангами отверстия измеряют без съема борштанг индикаторными устройствами в виде скобы, штангенциркуля, штихмаса или индикатора внутреннего измерения.

Набор из пяти индикаторных скоб (одна из них показана на рис. 113) допускает измерение растачиваемых отверстий диаметром от 75 до 170 мм. Наименьшая разность диаметров отверстия

и борштанги 20 мм. Каждая из пяти индикаторных скоб регулируется в пределах 15 мм: 75—90, 95—110, 115—130, 135—150, 155—170 мм. Пределы измерения маркируют на корпусе скобы *2*. Грубая установка на размер диаметра отверстия производится перемещением измерительного наконечника *1* с отсчетом по его шкале. Точную установку на требуемый диаметр выполняют по

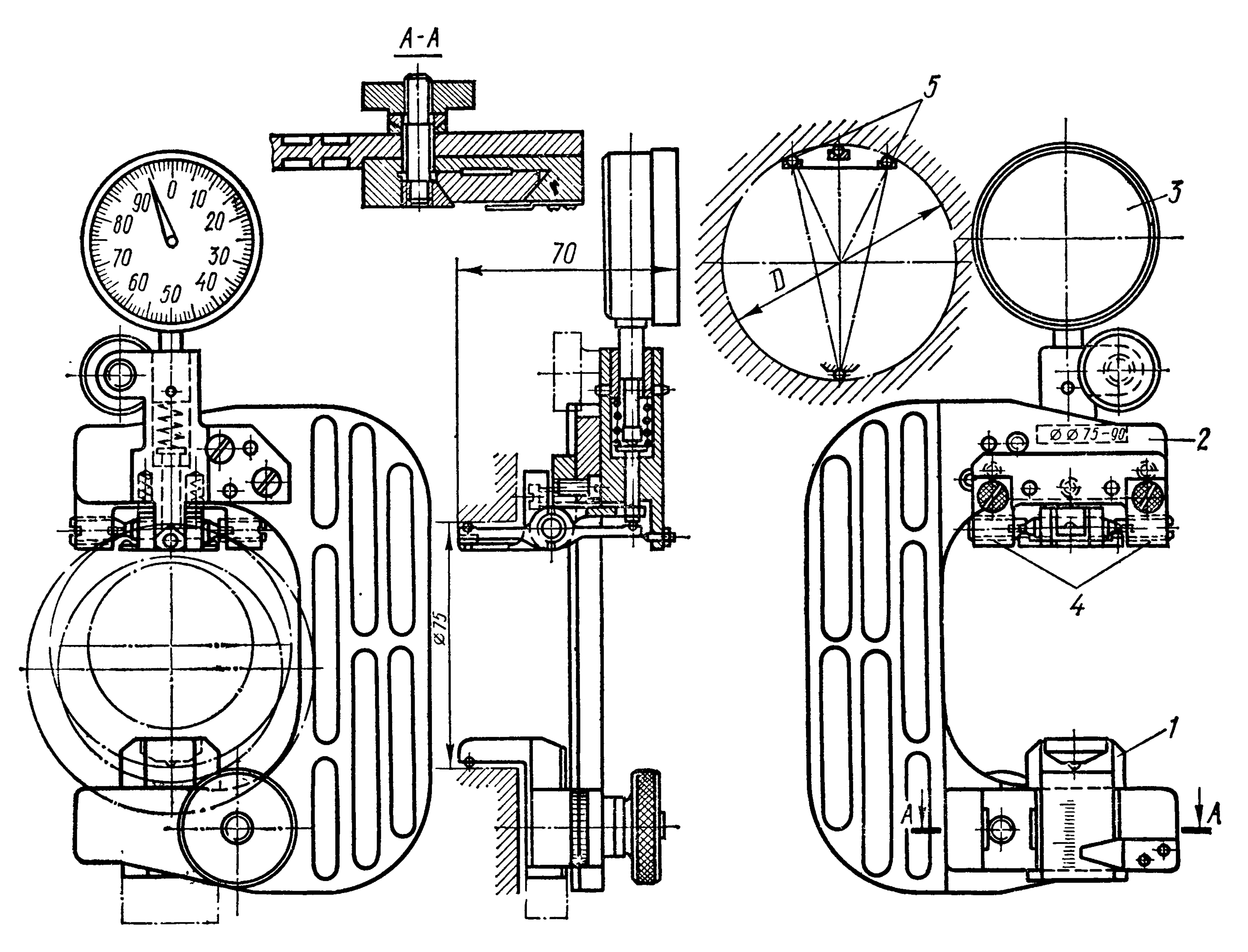


Рис. 113. Индикаторная скоба для проверки отверстий без съема борштанги

индикатору *3* и эталонному кольцу. Стрелку индикатора при этом необходимо устанавливать с натягом, несколько большим, чем половина предполагаемого отклонения размера отверстия. Головки винтов *4* после регулировки и проверки скобы заливают воском.

Схема проверки отверстий изображена на рис. 113. Два опорных шарика *5* жестко связаны с корпусом *2*. Шкала измерительного наконечника *1* тарируется по эталонным измерительным кольцам в пределах заданного интервала диаметров измеряемых отверстий. Индикатор *3* устанавливается в нулевое положение по эталонному кольцу, диаметр которого равен номинальному диаметру измеряемого отверстия.

Специальный штангенциркуль для измерения отверстий диаметром 20—180 мм (рис. 114, *а*) при расточке без съема борштанг изготовляется из обычного штангенциркуля с длиной измерения

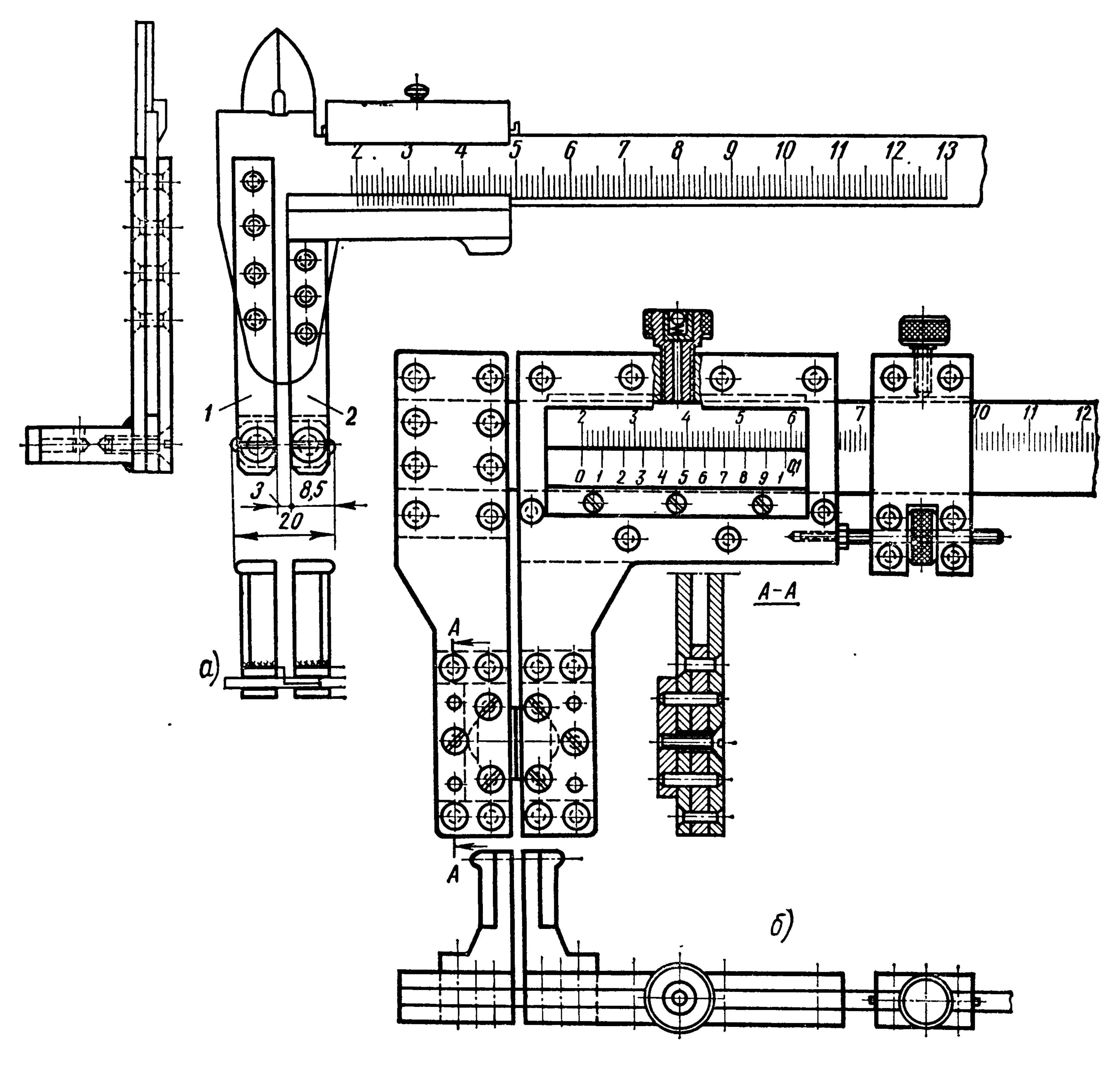


Рис. 114. Специальный штангенциркуль для измерения отверстий:
а — диаметром 20—180 мм, *б* — диаметром 60—200 мм

150 мм и величиной отсчета 0,1 мм. Переделка его состоит в следующем: необходимо сошлифовать каждую из губок на 1,5 мм, переклеймить деления шкалы, как показано на рисунке, снять планку глубиномера, обработать семь отверстий диаметром 2,6 мм на электроискровой установке для крепления планок *1* и *2* к губкам.

Контроль точности показаний специального штангенциркуля производится проверкой измеряемого отверстия диаметром 40, 100 и 150 мм при помощи индикатора внутреннего измерения. Показания индикатора должны отличаться от показаний штангенциркуля на величину не более ±0,05 мм. Штангенциркуль можно использовать для измерения отверстия без съема борштанги при условии, если разность диаметров отверстия и борштанги составляет не менее 20 мм. Наибольшая глубина измерения отверстия 20 мм.

Другая конструкция штангенциркуля для измерения отверстий диаметром 60—200 мм представлена на рис. 114, *б*.

Штихмас с индикатором (рис. 115) настраивается на требуемый диаметр отверстия по эталону *1* при нулевом показании стрелки индикатора. Корпус штихмаса *5* устанавливается опорами *4* и *6* на предварительно обработанный торец отверстия. При

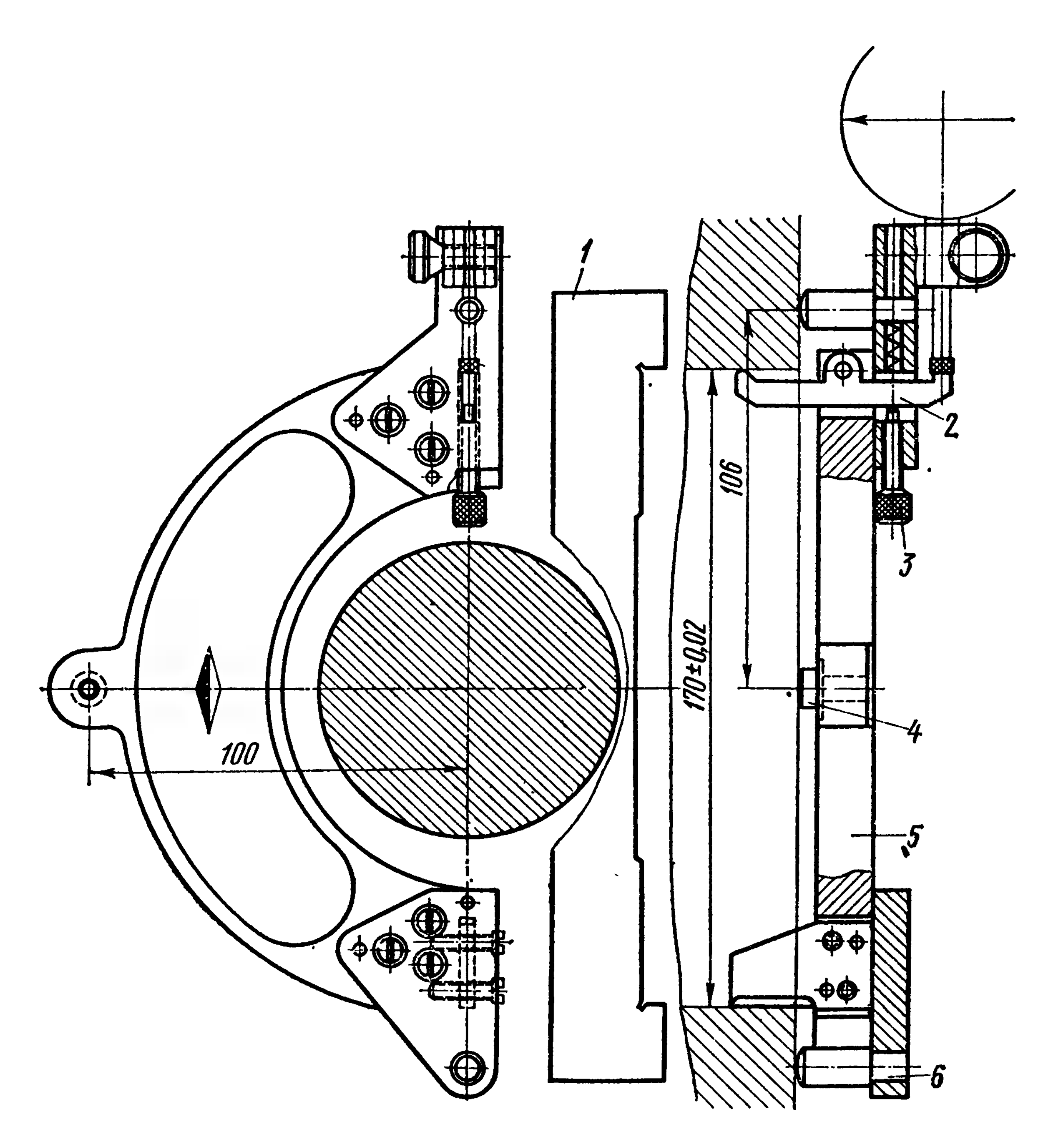


Рис. 115. Штихмас с индикатором для проверки отверстий без съема борштанги

измерении отверстия поворотный рычаг *2* переместит измерительный наконечник индикатора на величину отклонения диаметра отверстия от его заданного значения при соотношении 1:1 плеч рычага *2*. Винт *3* ограничивает поворот рычага *5* в нужных пределах.

Комплект из пяти специальных индикаторных нутромеров, один из которых представлен на рис. 116, позволяет измерять отверстия диаметром от 230 до 400 мм при расточке борштангами диаметром до 120 мм. В отверстиях сварной скобы *1* неподвижно закрепляется винтом *2* сменный наконечник *3* высотой от 45 до 120 мм и сменная пробка *4* высотой от 20 до 95 мм с индикатором внутреннего измерения *5*, имеющим пределы измерения от

50 до 100 мм. Индикатор настраивается на диаметр измеряемого отверстия по микрометру или эталонному кольцу как обычный индикатор внутреннего измерения.

Прямолинейность оси отверстия измеряется защемлением лекальной линейки нескольких полосок из папиросной бумаги, уложенных по образующей отверстия. Наличие незащемленных бумажек по концам или в середине отверстия свидетельствует об искривлении оси отверстия (толщине папиросной бумаги 0,03 мм).

Контроль расстояния от отверстия до базовой плоскости выполняется с помощью контрольного валика, штангенрейсмаса с индикатором (рис. 117, *а*) или набора концевых мер (рис. 117, *б*):

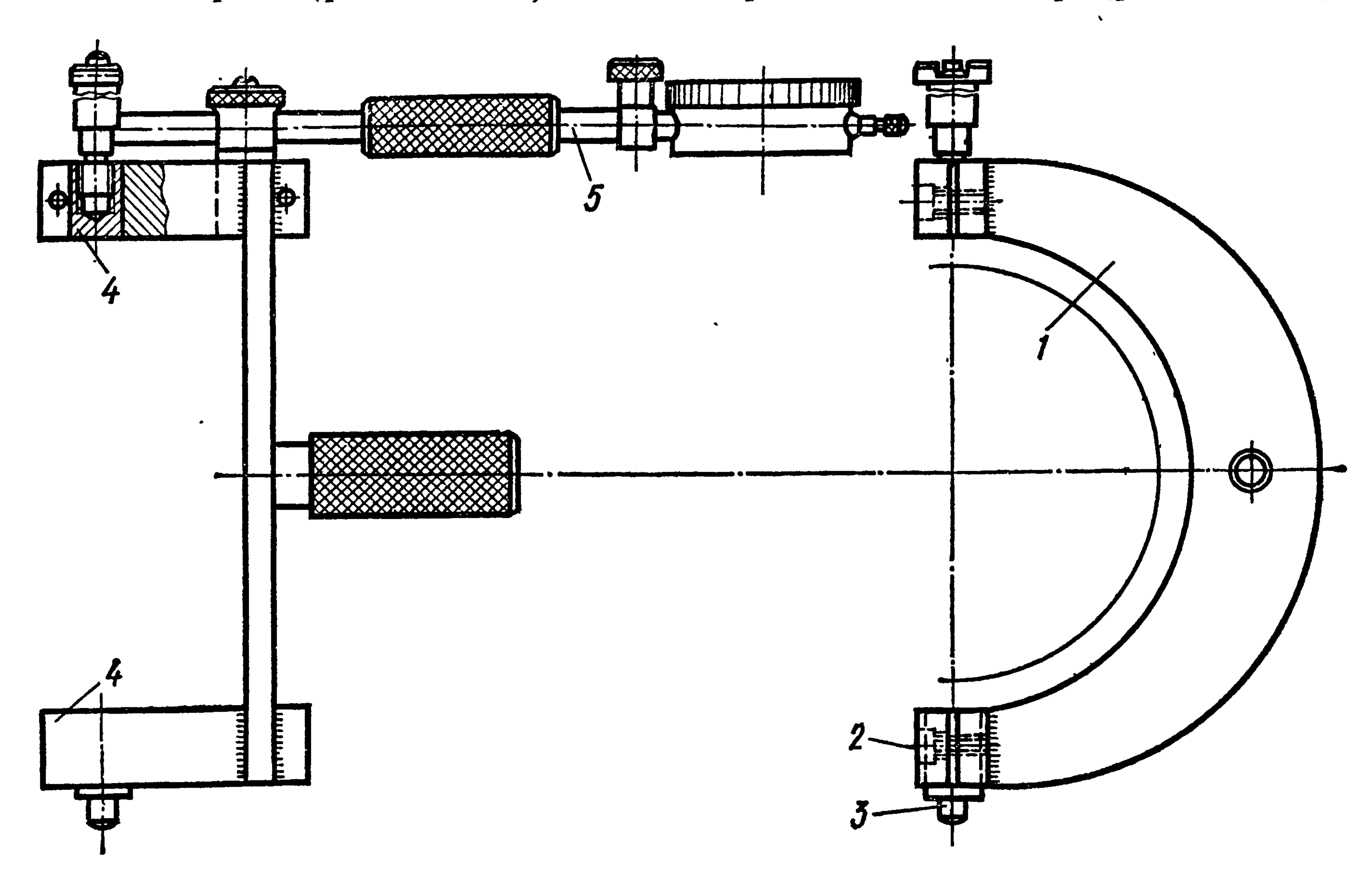


Рис. 116. Специальный индикатор внутреннего измерения

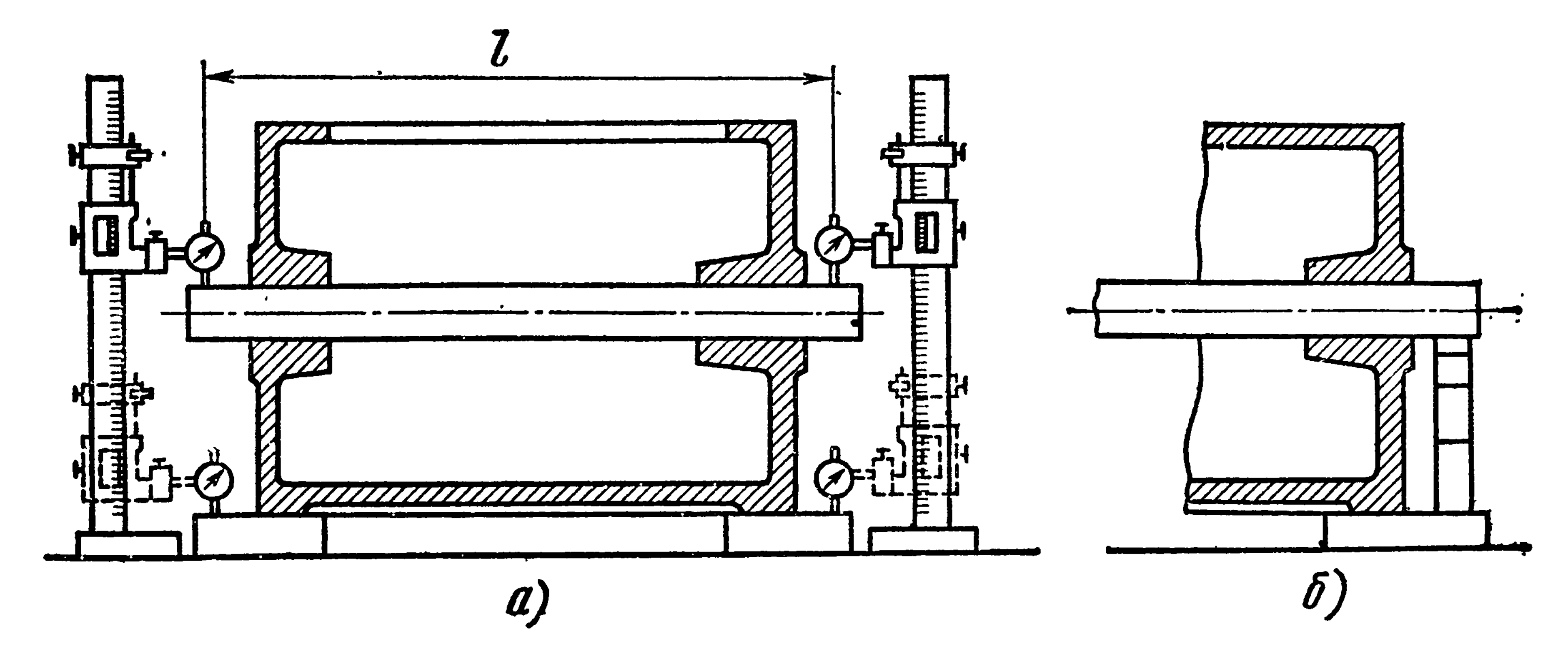


Рис. 117. Контроль расстояния от отверстия до базовой поверхности: *а* — индикатором, *б* — концевыми мерами

Контролируемый размер измеряют или непосредственно набором концевых мер от базовой плоскости до валика, или сравнением показаний индикатора — при касании к валику и соответствующему набору концевых мер.

Проверка соосности и геометрии отверстий производится непосредственно на станке без изменения установки детали, но при ослабленном креплении. Перемещая стол с деталью при неподвижном шпинделе, измеряют и записывают степень соосности, эллипсность и конусность отверстий по показаниям индикатора, закрепленного в оправке шпинделя, для четырех точек *1, 2, 3, 4* по окружности и двух сечений *I—I, II—II* по длине каждого отверстия (рис. 118).

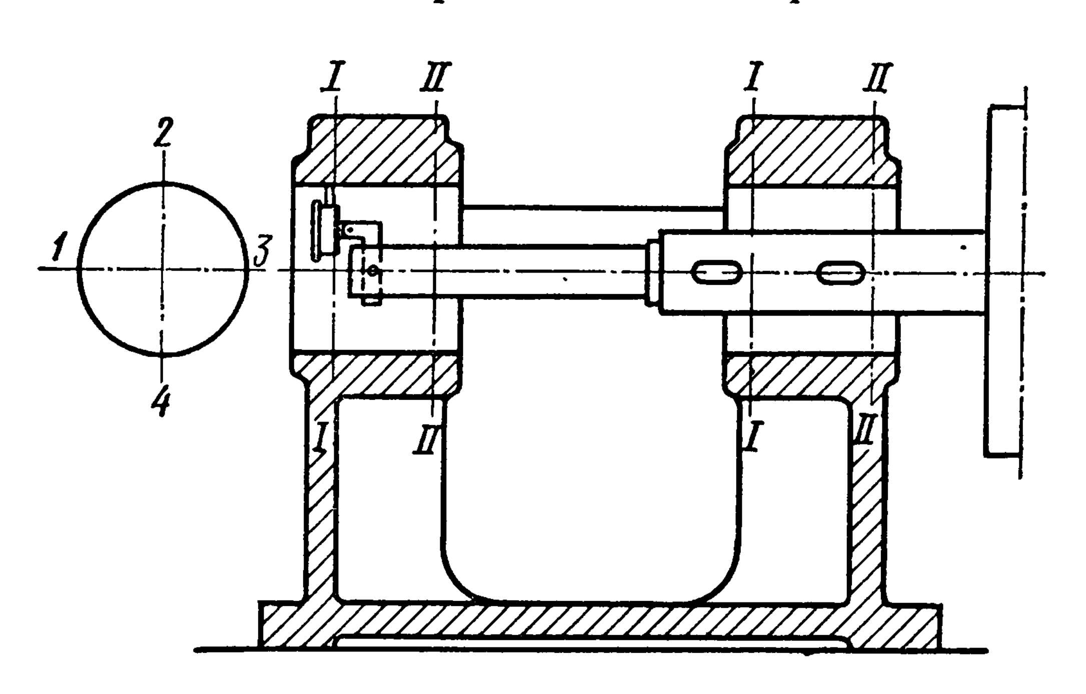


Рис. 118. Проверка соосности отверстий

Соосность трех отверстий и более контролируется с помощью ступенчатого контрольного вала, гладкого вала и переходных втулок, а также специальных индикаторных приспособлений.

Проверка взаимного расположения параллельных осей отверстий состоит из трех элементов контроля: контроль расстояний между осями, контроль параллельности осей, контроль перекоса осей.

Контроль расстояний между осями в зависимости от требуемой точности выполняется штангенциркулем, микрометром или концевыми мерами с применением контрольных валиков и втулок; для этой цели могут быть применены также специальные индикаторные приборы.

Микрометрический штихмас для измерения расстояния между осями отверстий (рис. 119) состоит из призмы *1*, втулки *2*, штихмаса *5*, пружины *3*, резьбовой пробки *4*, гайки *6* и стопорного сухаря *7*.

Во втулку *2* ввертывается сменный универсальный микроштихмас, благодаря чему можно измерять межцентровые расстояния

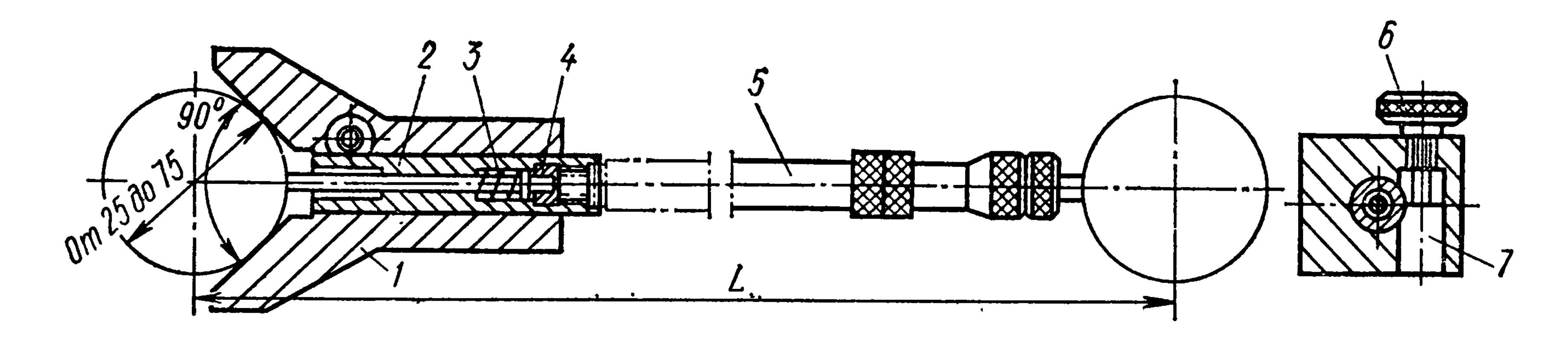


Рис. 119 Микрометрический штихмас для измерения расстояния между осями отверстий

в пределах от 150 до 500 мм. В обработанные отверстия перед измерением вставляют контрольные валики диаметром от 25 до 75 мм.

При измерении расстояний между осями с помощью контрольных валиков (рис. 120, *а*) размер L подсчитывается в результате измерения величин l_1 и l_2 по формулам, мм:

$$L = l_1 + \frac{D+d}{2}, \quad L = l_2 - \frac{D+d}{2},$$

где D и d — диаметры оправок.

Нескрещивание двух пересекающихся осей отверстий измеряется с помощью двух специальных оправок (рис. 120, *б*).

Перекос осей отверстий при расположении линий центров в горизонтальной плоскости измеряется с помощью контрольных валиков, линейки и уровня (рис. 120, *в*) и рассчитывается по формуле

$$x = \frac{h_1 - h_2}{l},$$

где x — перекос осей отверстий, мм; h_1, h_2 — показания уровня для положений 1 и 2; l — расстояние между контрольными линейками, мм.

Перекос осей отверстий при расположении линии центров в вертикальной плоскости измеряется с помощью контрольных валиков, угольников и уровня (рис. 120, *г*).

Перекос осей отверстий при наклонном расположении линии центров измеряется с помощью контрольных валиков, специального прибора и уровня (рис. 120, *д*).

Точность измерения уровнем при расстоянии между осями отверстий до 1 м составляет 0,02 мм на длине 1 м и 0,04 мм на 1 м при расстоянии 1—3 м.

Угол между перекрещивающимися осями отверстий проверяют с помощью двух оправок и щупа или индикатора (рис. 120, *е*). Погрешность углового расположения отверстий характеризуется величиной отношения:

$$x = \frac{h_1 - h_2}{l},$$

где x — отклонение от перпендикулярности на длине l, мм; h_1, h_2 — величины зазоров, измеренные щупом, или наибольшие показания индикатора при касании к контрольному валику для положений 1 и 2; l — расстояние между двумя пластинами вилки или положениями индикатора, мм.

Проверка неперпендикулярности неперекрещивающихся осей отверстий выполняется с помощью двух контрольных оправок и специальной вилки (рис. 120, *ж*). Погрешность углового расположения отверстий определяется по формуле, аналогичной предыдущей, но h_1 и h_2 в этом случае будут обозначать расстояния от контрольных оправок до контрольных платиков вилки.

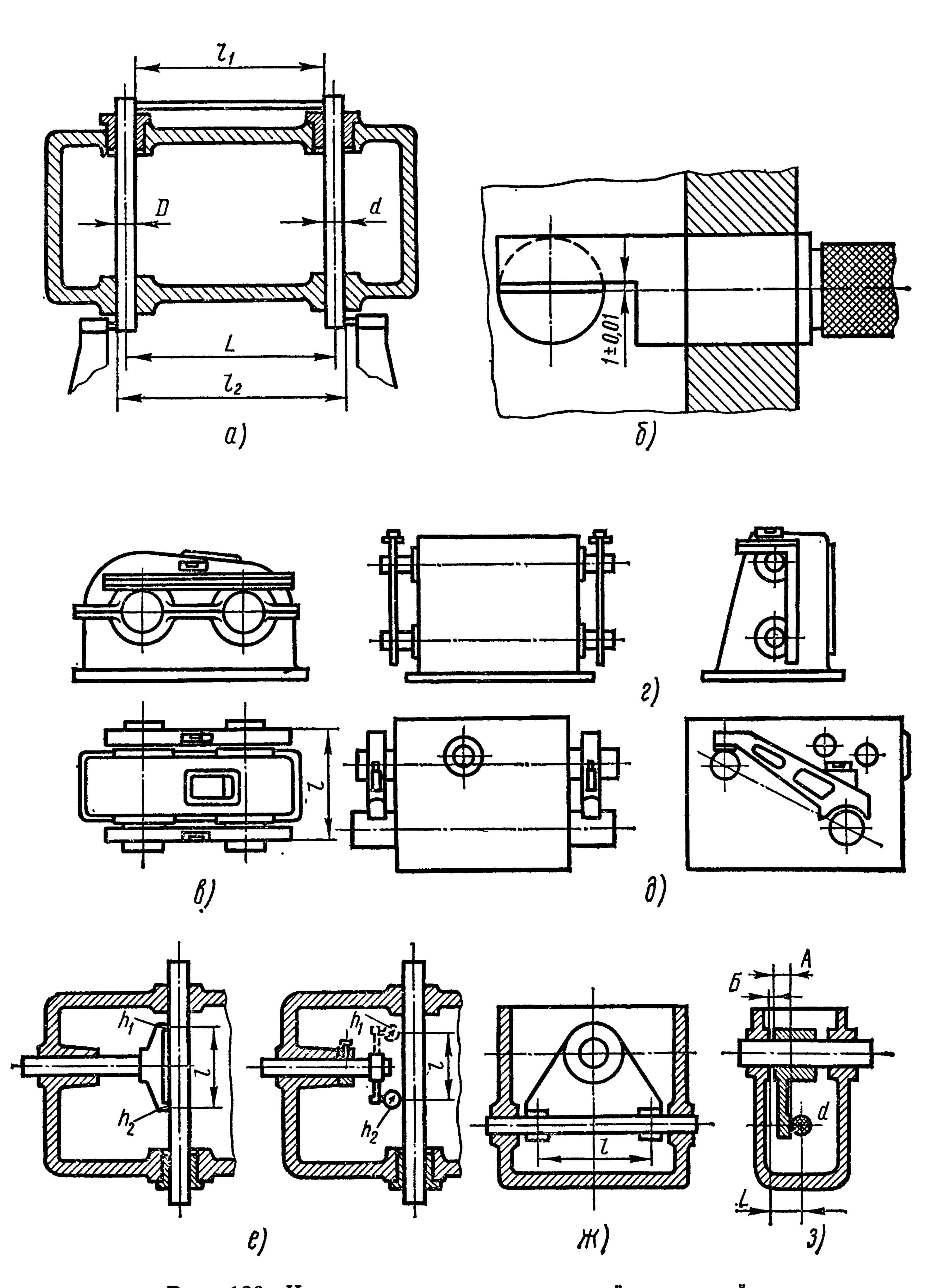


Рис. 120. Контроль расположения осей отверстий:

а — расстояния между осями, *б* — нескрещивания осей, *в* — перекоса осей отверстий при расположении линии центров в горизонтальной плоскости, *г* — то же, в вертикальной плоскости, *д* — то же, в наклонной плоскости, *е* — угла между перекрещивающимися осями отверстий, *ж* — угла между неперекрещивающимися осями отверстий, *з* — расстояния от торца до оси нескрещивающихся отверстий

Расстояние от оси отверстия до базового торца измеряется с помощью контрольного валика, вилки и концевых мер (рис. 120, *з*) и рассчитывается по формуле

$$L = \frac{d}{2} + A + Б,$$

где d — диаметр контрольного валика, мм; A — постоянный размер вилки, мм; $Б$ — высота набора концевых мер от базового торца до вилки, мм.

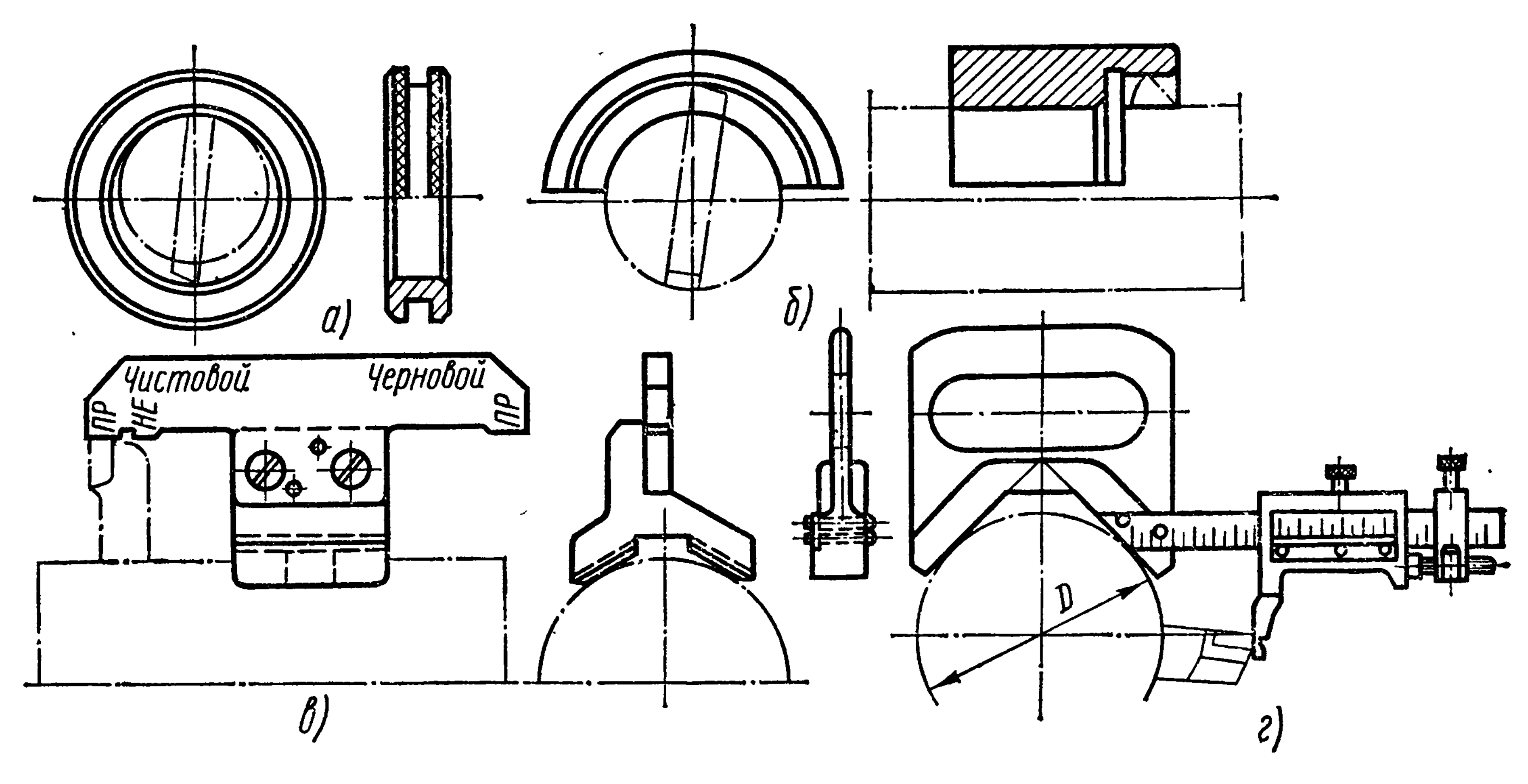


Рис. 121. Инструменты для точной установки резцов на размер: *а* — кольцо, *б* — полукольцо, *в* — шаблон с призмой, *г* — шкальный инструмент

Инструменты для точной установки резцов на размер. Для точной установки резцов в борштангах и оправках на требуемый размер диаметра расточки применяются специальные установочные инструменты: жесткие, шкальные и индикаторные.

Жесткие калибры имеют форму кольца (рис. 121, *а*), полукольца (рис. 121, *б*) или призмы (рис. 121, *в*).

Шкальные инструменты (рис. 121, *г*) применяются для установки резцов при черновом или получистовом растачивании с точностью до 0,05—0,1 мм.

Индикаторые инструменты обеспечивают установку резцов по диаметру в борштангах и оправках с точностью до 0,01 мм.

§ 4. Координатно-измерительное устройство

Отсчет координат на расточных и координатно-расточных станках является наиболее ответственной функцией станка.

Наиболее широкое распространение получили следующие способы отсчета координат: концевыми мерами в сочетании с индикаторными устройствами; точными ходовыми винтами с лимбами

и нониусами; точными шкалами в сочетании с оптическими приборами.

При измерении по первому способу требуемый размер набирают из концевых мер. Этот набор помещают на станке между упором, укрепленным на подвижном узле, и стержнем индикатора, установленным неподвижно.

Второй и третий способы наиболее характерны для координатно-расточных станков.

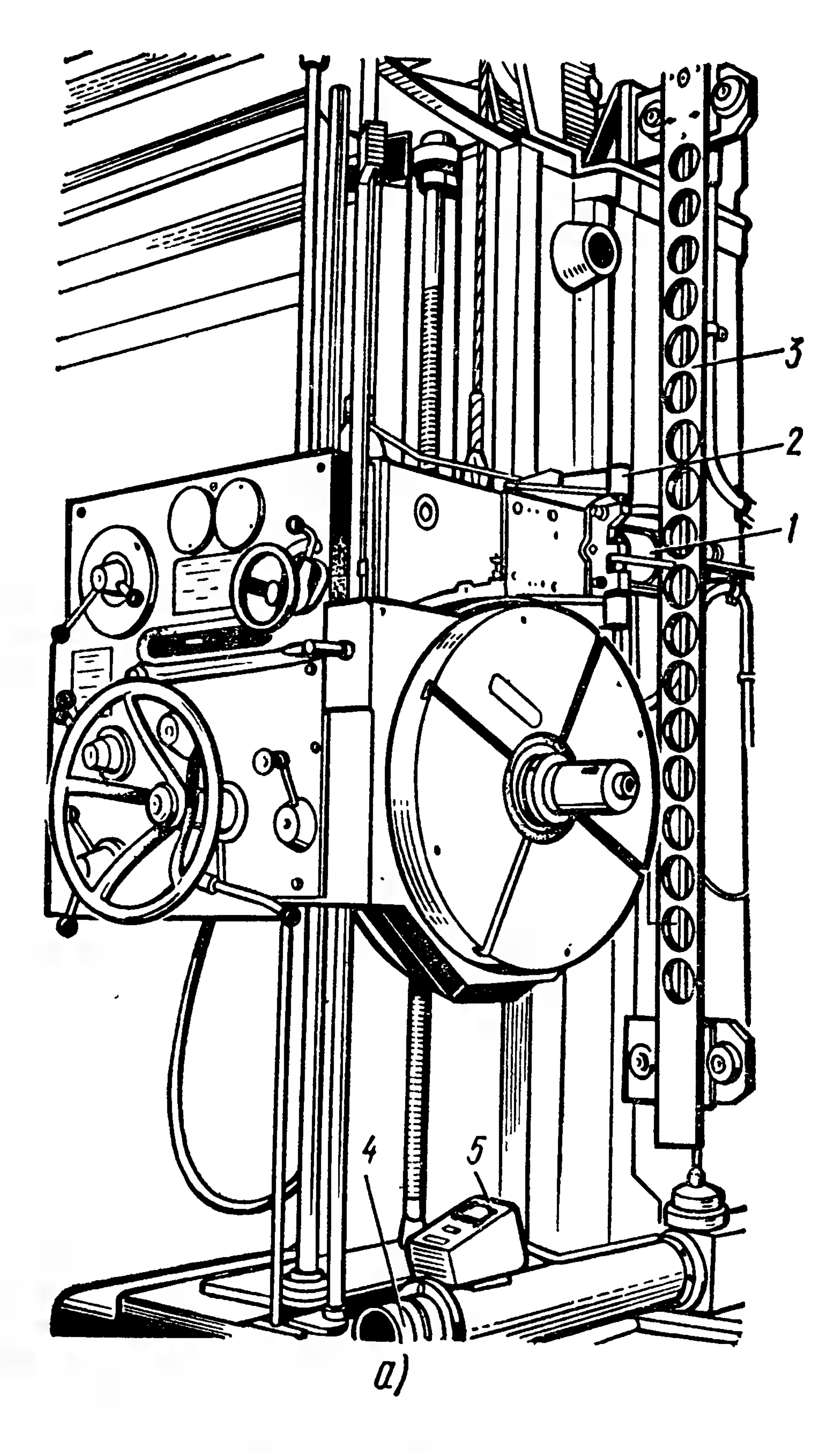
Измерение по второму способу производится с помощью точно изготовленных винтов, которые одновременно являются средством осуществления подач органов станка. Отсчет производится по лимбу с нониусом. Увеличение точности перемещения достигается при помощи коррекционной линейки.

При измерении по третьему способу отсчет перемещения производится по точной шкале, наблюдаемой через микроскоп. Шкала сделана в виде полированного стального валика с нанесенной на его поверхности тонкой винтовой риской с шагом 2 мм. Предварительная установка с точностью до 1 мм производится по грубой масштабной линейке, находящейся снаружи. Для точной установки зеркальный валик устанавливают на заданный размер с помощью лимба и узел дополнительно перемещают до тех пор, пока риска зеркального валика, наблюдаемая через микроскоп, не установится между двумя контрольными штрихами на окуляре микроскопа. В этом случае вследствие отделения средств измерения от средств перемещения шкалы не подвержены механическому износу и длительно сохраняют точность. Следует отметить, что пользование оптической системой утомляет зрение рабочего.

Координатно-измерительное устройство (рис. 122) устанавливают на горизонтально-расточный станок. Устройство служит для отсчета вертикального перемещения шпиндельной бабки и поперечного перемещения суппорта стола на заданные величины. Отсчет производится по методу, предложенному Г. М. Бродским и С. С. Подлазовым, основанному на использовании индуктивного датчика. Этот метод обладает следующими основными преимуществами: высокая чувствительность отсчетного устройства и удобство выполнения отсчета; практическая неизнашиваемость измерительной системы, что обеспечивает сохранение точности на длительный срок; простота изготовления отсчетного устройства, так как большинство элементов отсчетного устройства выполняется по 6—7-му квалитетам.

Координатно-измерительное устройство предназначено для отсчета перемещения на заданную величину шпиндельной бабки и стола. Устройства для отсчета вертикального перемещения шпиндельной бабки (рис. 122, *а*) и горизонтального перемещения стола (рис. 122, *б*) состоят из следующих узлов: датчика *1*, механизма установки датчика *2*, рейки *3*, устройства для отсчета *4* и электропульта *5*.

Измерительный ролик датчика имеет развернутую длину окружности, равную 400 мм. Ролик установлен на алюминиевом



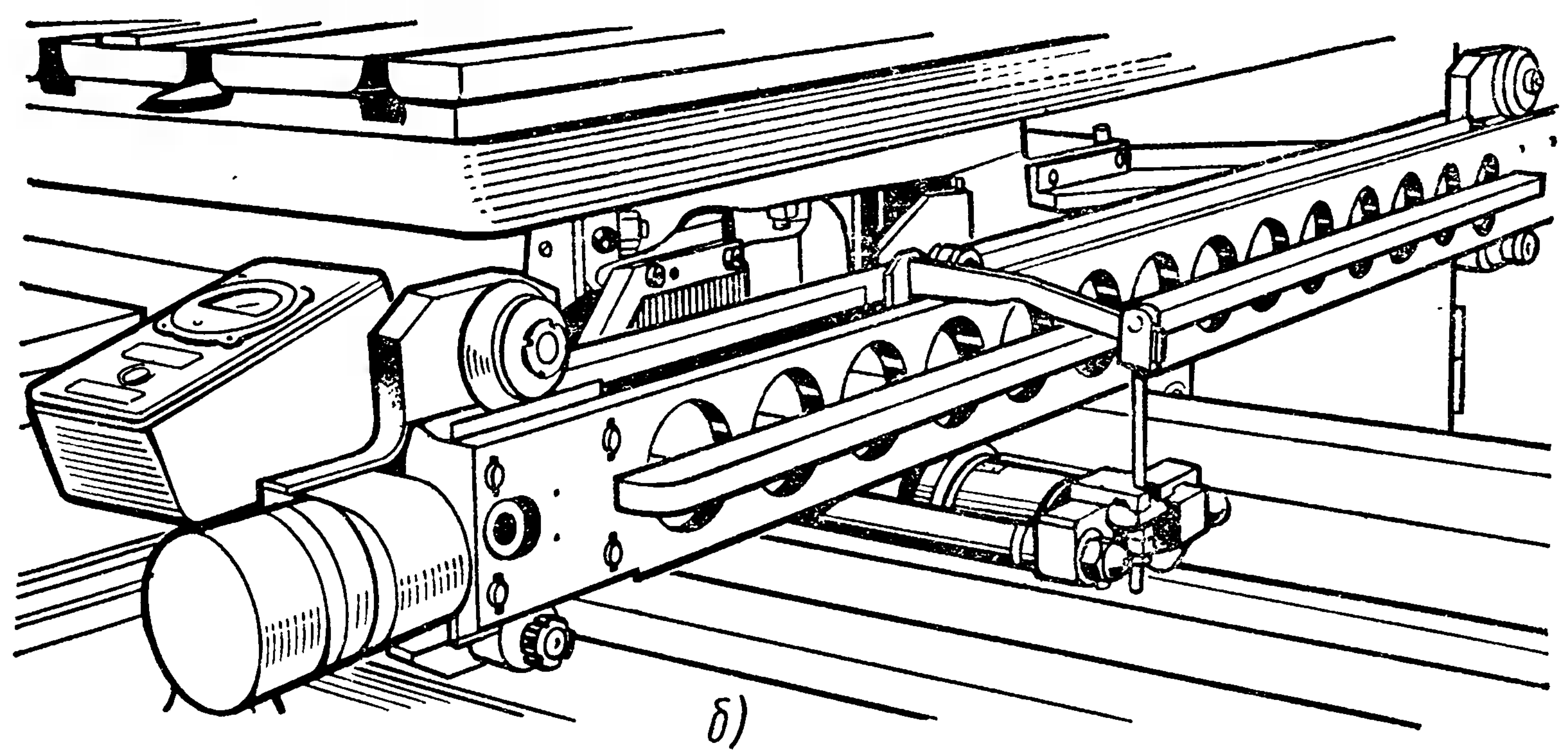


Рис. 122. Координатно-измерительное устройство:

а — для отсчета вертикального перемещения шпиндельной бабки, *б* — для отсчета горизонтального перемещения стола

корпусе, смонтированном на неподвижной оси и прецизионных шариковых подшипниках. На этой же оси и втулке сидят два сердечника, на наружной поверхности которых нарезаны 200 зубьев модуля 0,3 мм. Сердечники снабжены катушками, обмотки которых соединены по мостовой схеме. В корпусе датчика с плотной

посадкой укреплены два сердечника с 200 внутренними зубьями того же модуля.

Между внутренними и наружными зубьями сердечников оставлен воздушный зазор, который меняется в зависимости от углового относительного расположения внутреннего и наружного сердечников. Поворот ролика с корпусом относительно оси вызывает изменение индуктивности системы, что влияет на величину тока в обмотках катушек. Определенное угловое положение внутренних и наружных сердечников, когда токи в катушках выравниваются, принимают за начало отсчета.

Вертикальная рейка, по которой происходит обкатывание ролика датчика, устанавливается вдоль направляющих колонны. Рейка смонтирована в специальных направляющих качения, благодаря чему можно доворачивать датчик в исходное положение, когда стрелка микроамперметра на электропульте показывает нуль.

Для компенсации неточности изготовления ролика датчика вертикальная рейка устанавливается под некоторым углом к направляющим колонны станка.

К нижнему торцу рейки крепится угольник с шариковым наконечником, в который упирается микровинт. Для разгрузки микровинта от действия массы вертикальной рейки в кронштейны встроены пружины.

Устройство для отсчета вертикального перемещения крепится в пазу станины под планшайбой. Вращение от рукоятки, сидящей неподвижно на валу, передается на микровинт. На рукоятке измерительного устройства сидит лимб с ценой деления 0,01 мм. Специальное устройство, смонтированное в стакане, ограничивает поворот рукоятки в пределах ±1 оборот и дает возможность определить степень подхода к упору.

Электропульт установлен около устройства для отсчета вертикального перемещения. На пульте расположены микроамперметр, по показаниям которого производится настройка на размер, сигнальная лампа и переключатель режима работы датчика.

Устройство для отсчета поперечного перемещения суппорта стола состоит из аналогичных узлов. К продольным салазкам стола крепится кронштейн, несущий центры, в которых установлена рама для крепления датчика.

Горизонтальная рейка, по которой происходит обкатывание ролика датчика, устанавливается вдоль направляющих поперечного суппорта стола под его поворотной частью. Рейка смонтирована в направляющих качения, установленных в специальных кронштейнах на поперечном суппорте.

Устройство для отсчета горизонтального перемещения монтируется на кронштейне для горизонтальной рейки. Поворот рукоятки, связанной с микровинтом, вызывает перемещение горизонтальной рейки. Устройство снабжено лимбом с ценой деления 0,01 мм.

Порядок набора заданной координаты следующий:

при помощи отсчетного устройства устанавливают рейку в положении, при котором стрелка микроамперметра останавливается на нуле, при этом переключатель на пульте будет находиться против таблички «грубо»;

набирают дробную часть заданной координаты при помощи отсчетного устройства с лимбом;

перемещают узел на целое число миллиметров заданной координаты, пользуясь масштабной линейкой, установленной на станке;

переключатель на пульте ставят против таблички «тонко» и перемещают узел до тех пор, пока стрелка микроамперметра не установится на нуль.

Предельная погрешность показания отсчета вертикального и горизонтального перемещений данного координатно-измерительного устройства равна 8 мкм.

Контрольные вопросы

1. Как проверить параллельность поверхностей?
2. Какие могут быть погрешности в расположении отверстий после их обработки?
3. Как контролируются отверстия при обработке их на расточных станках?
4. Как измерить отверстие без съема борштанги?
5. Как производится точная установка резца в борштанге на заданный диаметр отверстия?
6. Как пользуются координатно-измерительным устройством горизонтально-расточного станка (см. рис. 122)?
7. Как обозначаются на чертежах технические условия обработки?

Глава IX

РАБОТА НА РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ

§ 1. Технологическая терминология и документация

Технологический процесс — это часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства.

Операция — это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

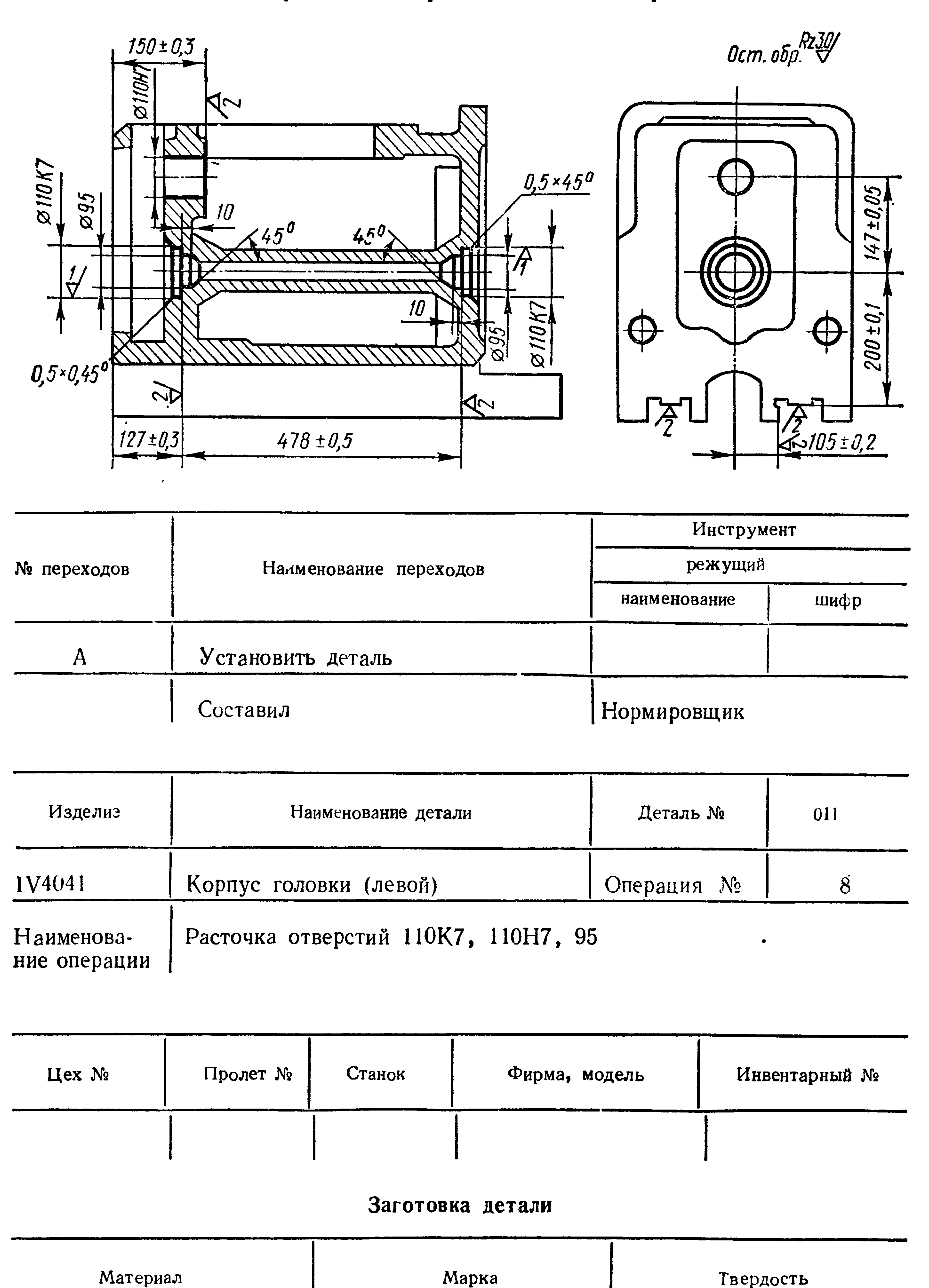
Установ — это часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы.

Технологический переход — это законченная часть технологической операции, характеризуемая постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке.

Рабочий ход — это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки.

Позиция — это фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой

10. Операционная карта механической обработки



№ переходов	Наименование переходов	Инструмент	
		режущий	
		наименование	шифр
А	Установить деталь		
	Составил	Нормировщик	

Изделие	Наименование детали	Деталь №	011
1V4041	Корпус головки (левой)	Операция №	8
Наименование операции	Расточка отверстий 110К7, 110Н7, 95		

Цех №	Пролет №	Станок	Фирма, модель	Инвентарный №

Заготовка детали

Материал	Марка	Твердость
Чугун	СЧ15-32	НВ 1600—2000

Приспособление

Наименование	Разряд работы	Расточное приспособление		Шифр IV4041—011П7				
Количество одновременно обрабатываемых деталей		Норма времени и расценка на операцию						
		подготовительно заключительное		машинное	вспомогательное	дополнительное	штучное	
		время	расценка				время	расценка

Охлаждение

Инструмент				Расчетные данные				Режим			Время	
вспомогательный		мерительный										
наименование	шифр	наименование	шифр	диаметр или длина	глубина резания	длина проходов	число проходов	v	n	s	машинное	вспомогательное

Проверил	Утвердил	Операция на 4 листах	Лист № 1

сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции.

Технологическая документация служит для записи технологического процесса механической обработки. В ней содержатся данные, необходимые для заказа материала, выбора оборудования, изготовления оснастки, определения трудоемкости обработки детали и квалификации рабочего, расчета потребной рабочей силы, установления маршрута изготовления детали по цехам завода, а также контроля качества обработки детали.

Основными технологическими документами являются: карта маршрутного технологического процесса для единичного и мелкосерийного производства, карта операционного развернутого технологического процесса с эскизами обработки (табл. 10), карта развернутого технологического процесса без эскизов обработки для крупносерийного производства, карта наладки станка, инструмента и приспособления, карта технического контроля, спецификация специального инструмента, карта разрешения на временное отступление от технологического процесса.

Разработка технологической документации является непременным условием правильной организации производства, соблюдения технологической дисциплины, обеспечения высокого качества продукции и производительности труда.

§ 2. Подготовка, установка и крепление деталей и координация инструмента при обработке на расточных станках

На расточных станках чаще всего обрабатывают корпусные детали различных механизмов и машин с точными отверстиями по диаметру и межосевыми координатами. Точность взаимного расположения отверстий в корпусе определяет правильность монтажа валов, зубчатых колес и других деталей, установленных в корпусе.

Технологический процесс растачивания корпусных деталей зависит от их конструктивных особенностей: материала, массы, размеров, жесткости и технологичности как самого корпуса, так и его отверстий (диаметр, длина, ступенчатость и количество отверстий и осей расточек). По своей форме отверстия могут быть сквозными, прерывистыми, с выточками или с незамкнутой окружностью.

Существенное значение имеет и характер ступеней концентричных отверстий (односторонние и двусторонние). При этом важны как абсолютные размеры диаметров отверстий, так и наибольшая разность их.

Обработка плоскостей корпусных деталей, как правило, выполняется на фрезерных и строгальных станках. На расточных станках обычно обрабатывают только труднодоступные поверхности, а также поверхности, обработка которых невозможна или нерациональна на других станках, например кольцевые пазы, внутренние торцовые поверхности, перпендикулярные осям отверстий, и др.

Корпусные детали изготовляют из чугуна, алюминия, стального литья и сварных конструкций. В настоящее время большое применение получают сварные конструкции, так как они обладают меньшей массой по сравнению с литыми и не требуют изготовления моделей, благодаря чему значительно сокращается цикл производства и удешевляется их себестоимость.

Обработка поверхностей на расточном станке значительно осложняется, если эта поверхность далеко отстоит от торца планшайбы, наклонена к оси шпинделя или имеет ширину, превышающую диаметр фрезы.

Основные отверстия корпусных деталей, служащие для монтажа сопрягаемых деталей, выполняются по 6—7-му квалитетам с шероховатостью 6—8-го классов. Крепежные отверстия под болты, винты, шпильки обрабатывают с точностью 9—11-го квалитетов. Вспомогательные отверстия для замера основных отверстий удобства монтажа и демонтажа выполняются с точностью основных отверстий.

На рис. 123 показаны основные формы отверстий. Каждая форма обеспечивается соответствующим технологическим процессом и оснасткой.

Реальные отверстия корпусных деталей являются различными комбинациями основных форм.

Обработка соосных отверстий упрощается при наличии перепада диаметра ступенчатых отверстий при наибольшем диаметре малого отверстия, так как в этом случае возможна обработка всех отверстий одной жесткой борштангой.

Подготовка деталей к обработке на расточном станке. Отливки корпусных деталей обязательно подвергают обрубке и очистке для удаления неровностей и формовочной земли как с обрабатываемых, так и с необрабатываемых поверхностей. Необрабатываемые поверхности зачищают шлифовальными кругами с гибким приводом, грунтуют и предварительно окрашивают. Обрабатываемые поверхности предварительно подвергают разметке для проверки правильности размеров заготовки, выявления и устранения дефектов отливки и наивыгоднейшего распределения припусков.

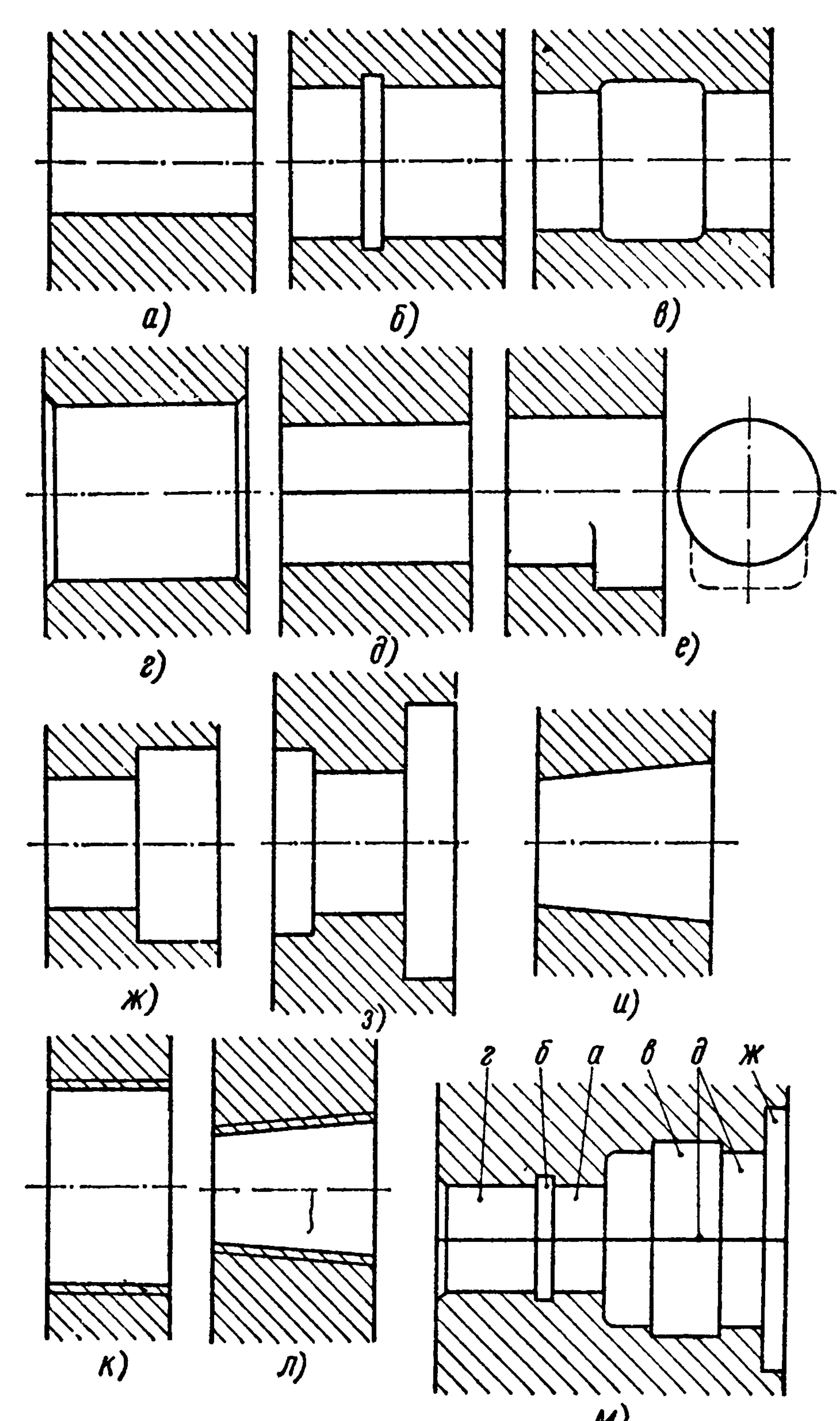


Рис. 123. Основные формы отверстий корпусных деталей:

а — сквозное гладкое, *б* — с канавкой, *в* — с выточкой, *г* — с фаской, *д* — разъемное, *е* — прерывистое, *ж* — ступенчатое одностороннее, *з* — ступенчатое двустороннее, *и* — конусное гладкое, *к* — резьбовое цилиндрическое, *л* — резьбовое конусное, *м* — реальные отверстия

Обработка плоских открытых поверхностей на фрезерных и строгальных станках производится одновременно на нескольких деталях с использованием боковых суппортов. У жестких и менее точных деталей обрабатывают сначала базовые поверхности, а затем на их базе — все остальные, включая и торцовые поверхности отверстий. Менее жесткие и более точные детали обрабатывают в иной последовательности: сначала производят предварительную обработку поверхностей, параллельных базовым, затем предварительную и окончательную обработку базовых поверхностей и, наконец, чистовую обработку остальных поверхностей.

В целях уменьшения деформации особо точных корпусных деталей и снятия внутренних напряжений применяют ряд технологических мер: искусственное и естественное старение, межоперационное пролеживание деталей после обдирочных операций, раз-

деление обдирочных и чистовых операций и отжиг сварных конструкций и стальных отливок.

Обработка плоскостей завершается шлифовкой или шабрением базовых плоскостей с проверкой на краску по контрольной плите.

Если расточка корпуса выполняется после сборки нескольких деталей, то крепежные отверстия обрабатывают на радиально-сверлильном станке до сборки деталей под расточку.

Установка деталей на расточном станке. Правильная установка деталей обеспечивается при выполнении следующих условий: равномерное распределение припусков, минимальная деформация детали, надежное и жесткое крепление, удобство выверки инструмента.

На расточном станке деталь может быть установлена на призмах, на плоскости стола или подкладках, к угольнику или в приспособлении. Выбор того или иного метода установки зависит от конструктивных особенностей детали и ее размеров, расположения и характера обрабатываемых и базовых поверхностей, точности и последовательности операций и величины партии. Точность установки детали размером до 3 м с выверкой по разметке равна $\pm 0,5$ мм, с выверкой по обрабатываемым плоскостям $\pm 0,1$ мм.

Каждая перестановка детали на расточном станке сопряжена с большими затратами вспомогательного времени и потерей точности обработки. Применяя поворотный стол, можно обрабатывать деталь с четырех сторон без переустановки и раскрепления детали.

Установочной базой называется поверхность, по которой производится выверка положения детали или на которую деталь устанавливается непосредственно. *Базами* являются предварительно обработанные поверхности или разметочные риски. В качестве баз предпочтительнее использовать плоские или цилиндрические поверхности, относительно которых задается положение отверстий; иногда такими базами являются плоскости разъема сопрягаемых деталей.

При закреплении деталей на расточных станках необходимо избегать переустановки шпиндельной бабки и опоры борштанги в люнетной стойке при переходе с одной оси на другую, заменяя эти движения перемещением стола.

Рекомендуется одновременно устанавливать несколько одинаковых деталей, используя при этом всю площадь стола.

Установка детали по черной базе производится в такой последовательности: установка на три домкрата, регулировка положения детали по разметочным рискам, зажим детали прихватами строго против домкратов. подведение добавочных опор с зажимом детали прихватами против опор. При зажиме нужно постоянно следить с помощью индикатора, чтобы не было деформации детали.

При установке по упорам или в свободном состоянии угольник выверяют индикатором по вертикальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Выверка положения детали со шлифованными или шабреными базовыми поверхностями производится по индикатору с точностью 0,01—0,03 мм.

Координация инструмента при обработке отверстий. Под координацией инструмента при обработке отверстий на расточных станках понимают совмещение оси вращения инструмента с заданной осью отверстия. Неправильно выполненная координация инструмента вызывает погрешности обработки: смещение или перекос осей отверстия между собой или относительно базовых поверхностей.

В общем случае координация инструмента состоит в обеспечении соосности осей борштанги, шпинделя, подшипника задней стойки и обрабатываемого отверстия. Выверка соосности осуществляется при помощи универсальных средств: пробных проточек, индикаторных устройств, накладных шаблонов, оптических устройств или специальных приспособлений.

Метод пробных проточек применяется при расточке отверстий с горизонтальной осью в условиях единичного производства и при высокой квалификации рабочего. Сущность метода заключается в последовательных проточках на небольшую длину одного из отверстий детали с замером межосевого расстояния *A* до другого отверстия, ранее расточенного (рис. 124, *а*), до получения требуемого расстояния между осями. Недостатками данного метода являются: низкая точность обработки из-за возможных ошибок при замерах, низкая производительность из-за большого количества проточек и невозможность расточки ряда отверстий с наклонной линией центров.

Индикаторные устройства применяются для координатной расточки и обеспечивают заданное перемещение шпиндельной бабки, люнета задней стойки, передней стойки и стола в продольном и поперечном направлениях с точностью ±0,03 мм на длине 500 мм.

Индикаторное устройство для отсчета координат (рис. 124, *б*) состоит из коробки с индикатором *1*, вала *2* с призмой, пружинных скоб *4*, упора *5* и штихмасов *3*. Коробка с индикатором крепится на шпиндельной бабке или на валу *2*, соединенном с кронштейном. Пружинные скобы *4* крепят штихмас *3* к валу *2*. Кронштейн с упором *5* и валом *2* закреплены неподвижно на передней стойке, станине или столе (в зависимости от назначения индикаторного устройства). Микрометрические и жесткие штихмасы с пределом измерения соответственно 50—75 мм и 25—400 мм обеспечивают точность по длине в пределах от ±0,004 до ±0,02 мм для длин от 100 до 1000 мм.

Использование шаблонов заключается в следующем. Отверстия шаблона диаметром на 6—10 мм большим диаметра детали (рис. 124, *в*), растачивают на координатно-расточном станке по координатам, соответствующим детали, с допуском 0,02—0,03 мм. Шаблоны делают из листовой стали толщиной 8—10 мм и закрепляют непосредственно на базовых поверхностях

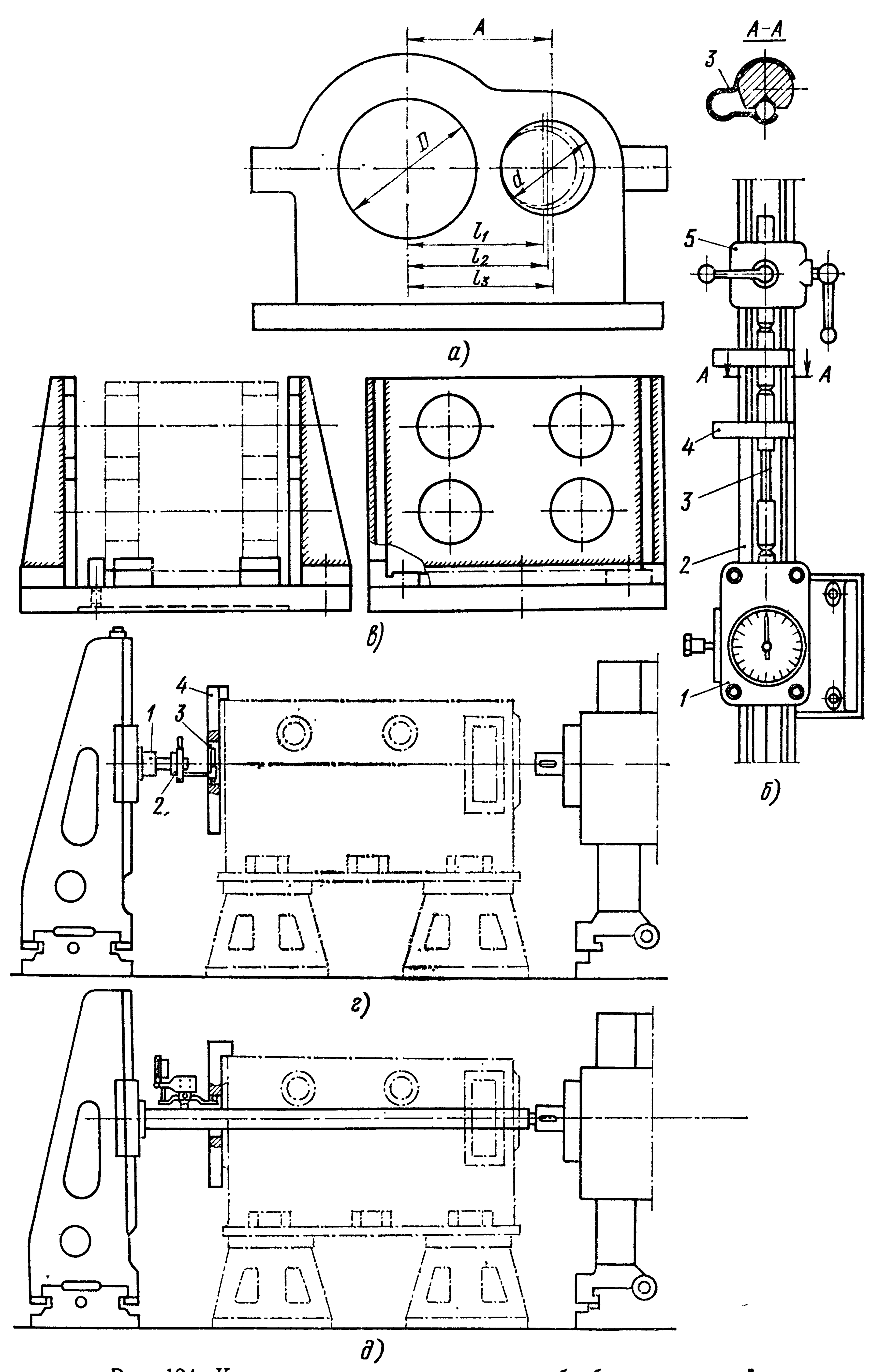


Рис. 124. Координация инструмента при обработке отверстий:

а — метод пробных проточек, *б* — использование индикаторных устройств, *в* — применение установочного шаблона, *г* — использование индикаторного приспособления и накладного шаблона, *д* — применение борштанги и центроискателя

детали или на специальных плитах, служащих одновременно и для крепления детали. Если расточка детали выполняется с нескольких сторон, шаблон заказывается на каждую сторону. Координация оси шпинделя с осью отверстия осуществляется с помощью центроискателя. Базовые поверхности шаблона делают калеными и шлифованными. Преимуществами данного метода являются: высокая экономичность и простота изготовления шаблонов, быстрота координации инструмента, применение высоких режимов резания с обеспечением высокой точности обработки. Если расточка отверстий данным методом производится с применением борштанги, положение ее оси выверяется в два приема: путем координации оси подшипника задней стойки и координации оси борштанги.

Выверка положения оси подшипника задней стойки производится с помощью валика *1* (рис. 124, *г*), плотно пришлифованного к отверстию подшипника, на котором со скользящей посадкой первого класса вращается кольцо *2* с закрепленной на нем державкой индикатора *3*. Вращая кольцо *2* и регулируя положение подшипника стойки и детали, добиваются, чтобы стрелка индикатора оставалась на нуле при обкатке по шаблону *4*.

Выверка положения оси борштанги осуществляется с помощью центроискателя, закрепленного на борштанге (рис. 124, *д*). Правое плечо измерительного рычага центроискателя прижимается пружиной к отверстию шаблона, а левое упирается в наконечник индикатора. При медленном вращении борштанги следят за показаниями индикатора и, если необходимо, регулируют положение шпинделя.

Применение специальных приспособлений особенно эффективно в условиях серийного производства, так как при единичном производстве использование специальных расточных приспособлений целесообразно только для особо точных и повторяющихся в производстве деталей. Точность обработки детали определяется точностью самого приспособления и инструмента и почти не зависит от состояния станка и квалификации рабочего. Целесообразность применения приспособления зависит от серийности и трудоемкости обработки детали. Производительность труда при использовании приспособлений значительно возрастает (в 2—10 раз).

Совмещение оси шпинделя с осью разъемного отверстия — один из методов координации инструмента. Если требуется, чтобы ось отверстия лежала в горизонтальной плоскости разъема, используют контрольную линейку *1* (рис. 125, *а*), которую устанавливают на предварительно обработанную и шабренную плоскость разъема, чтобы ось бобышки *2* приходилась по центру литого отверстия. С помощью центроискателя *3*, установленного в шпиндель станка, ось шпинделя совмещается с осью отверстия.

Для правильного положения борштанги при обработке отверстия необходимо обеспечить соосность шпинделя с отверстием

люнетной стойки. Выверка соосности производится в двух положениях *I—I* и *II—II* (рис. 125, *б*) с применением индикаторного устройства и учетом прогиба консольных оправок под действием собственной массы.

Выверка положения борштанги в горизонтальной плоскости производится с помощью уровня. При этом добиваются одинакового показания уровня на борштанге и на шпинделе.

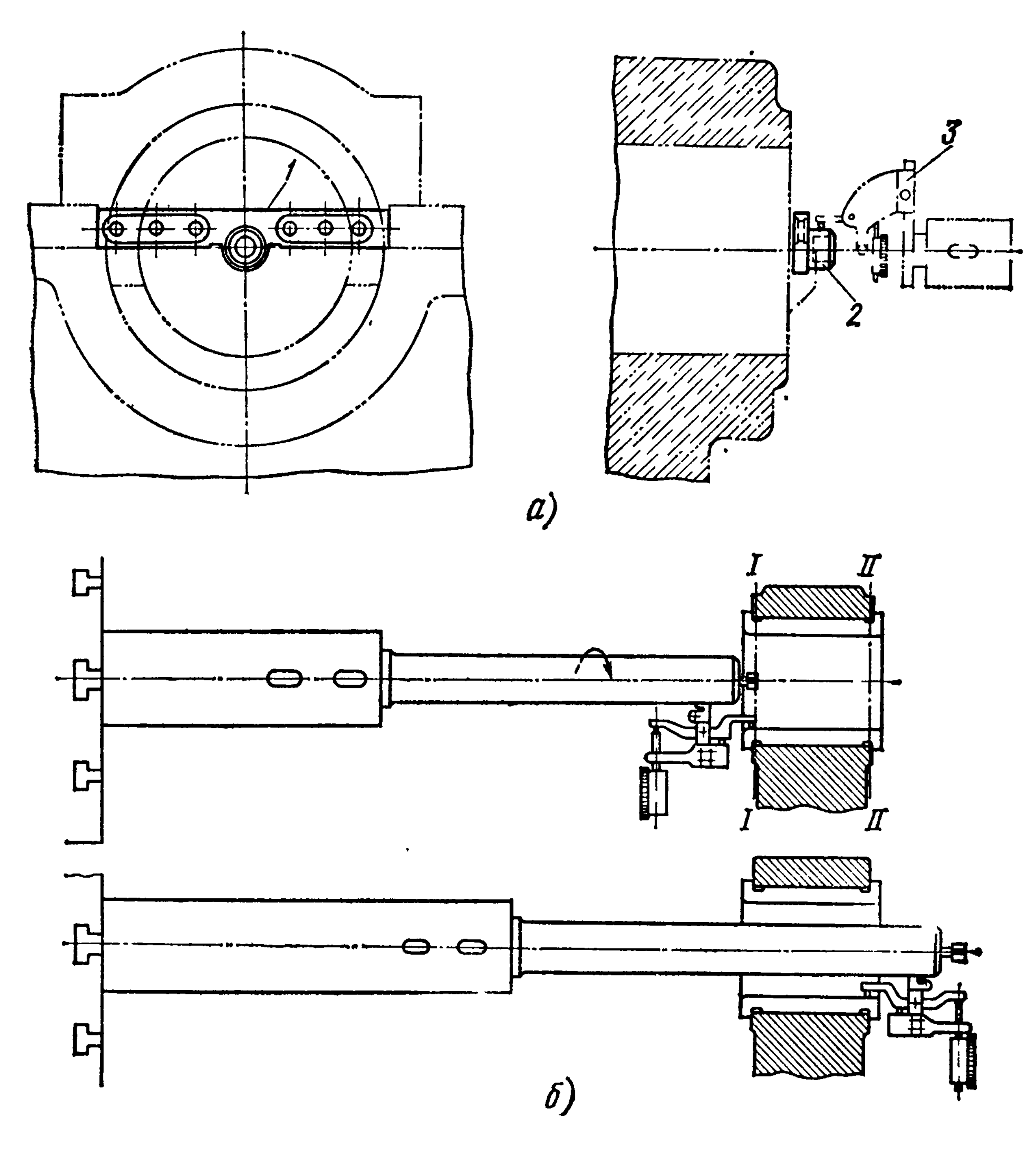


Рис. 125. Совмещение оси шпинделя:
а — с осью разъемного отверстия, *б* — с осью подшипника люнетной стойки

Выверка борштанги от плоскости разъема осуществляется индикатором в двух наиболее удаленных друг от друга точках, лежащих на плоскости разъема, и при этом получают одинаковые показания стрелки индикатора.

Выверка борштанги от плоскости стола выполняется аналогично.

Выверка положения борштанги в боковом направлении производится от вертикальных базовых поверхностей детали (рис. 126, *а*) или от линейки, установленной на горизонтальную базовую плоскость (рис. 126, *б, в*). Базовые поверхности детали и линейки при этом предварительно выверяют с точностью 0,02—0,03 мм на 1000 мм при помощи шпинделя с индикатором.

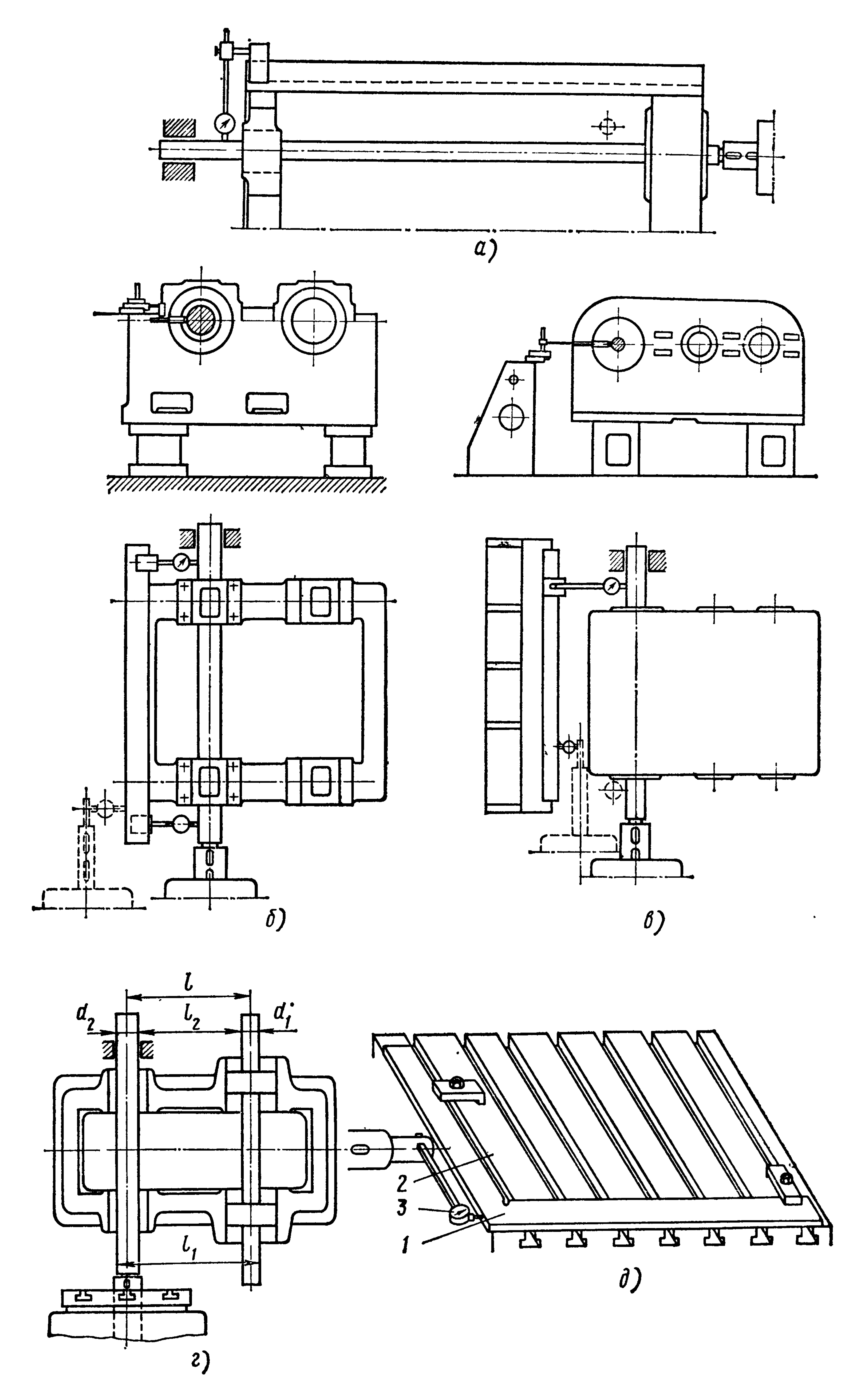


Рис. 126. Схемы выверки борштанги:

а — от вертикальной базовой поверхности детали, *б* — от линейки, установленной на горизонтальную базовую поверхность, *в* — от ранее расточенного отверстия с применением контрольной оправки и индикатора, *г* — от ранее расточенного отверстия с применением контрольной оправки, втулок, микрометра или измерительных плиток, *д* — от ранее расточенного отверстия с применением оправки с индикатором и угольника

Выверка борштанги в боковом направлении производится также от ранее расточенных отверстий при помощи контрольных оправок (рис. 126, *г*). На рисунке l — расстояние между центрами отверстий, d_1 — диаметр контрольной оправки, установленной в расточенное отверстие, d_2 — диаметр борштанги, l_1, l_2 — размеры, контролируемые микрометром или набором мерительных плиток.

Выверка расположения осей отверстий в одной плоскости под углом 90° производится при помощи большого угольника *1* (рис. 126, *д*), закрепленного на столе *2* вместе с деталью, и индикатора *3*. Выверка положения стола производится по индикатору при перемещении стола вдоль одной из сторон угольника до и после поворота стола. После каждой выверки стола следует расточка одного из перпендикулярных отверстий. Выверка расположения борштанги при расточке взаимно перпендикулярных отверстий может быть произведена также при помощи контрольного валика и оправки с индикатором после расточки одного из отверстия. В расточенное отверстие вставляется контрольный валик, а в шпиндель станка — рычажная оправка с индикатором. Поворачивая оправку с индикатором на 180° и регулируя положение детали, добиваются одинакового натяга индикатора при контакте наконечника индикатора с контрольным валиком.

Для проведения такой выверки на современных расточных станках имеются специальные индикаторные упоры.

Выверка расстояния от оси одного отверстия до торцовой поверхности другого отверстия с перпендикулярной осью осуществляется одним из следующих методов.

Оправка *1* устанавливается в шпиндель *2* станка (рис. 127, *а*). На размер a набирают концевые меры *3:*

$$A = a + \frac{d}{2},$$

где A — заданный размер от внутреннего торца детали до оси растачиваемого отверстия; d — диаметр оправки.

Когда базой является наружный торец детали (рис. 127, *б*),

$$A_1 = A + k + a + \frac{D}{2},$$

где A_1 — расстояние от оси шпинделя до оси растачиваемого отверстия; k — расстояние между торцами детали; a — размер мерительных плиток, D — диаметр шпинделя.

Угольник *1* (рис. 127, *в*) закрепляют к торцу отверстия, а центроискатель *2* устанавливают по центру отверстия угольника.

Перемещая стол с деталью на величину

$$A_1 = A + k + b,$$

совмещают ось шпинделя с осью другого отверстия,
где A — требуемый размер от внутреннего торца до оси отверстия; k — расстояние между торцами; b — размер от основания угольника до оси вспомогательного отверстия.

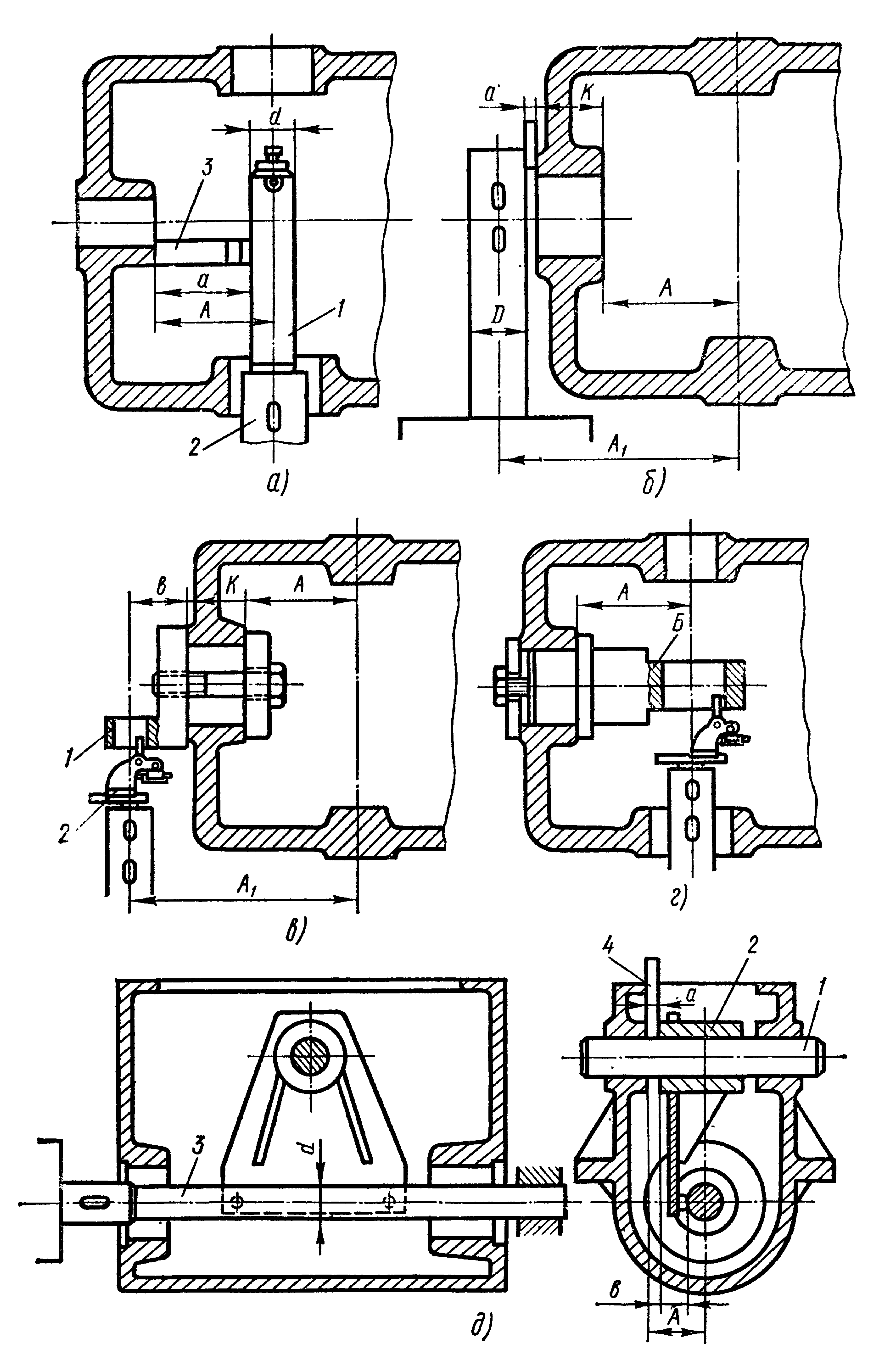


Рис. 127. Схемы выверки расстояний от торца отверстий до оси шпинделя с применением различных приспособлений:

а, б — измерительных плиток, *в* — угольника и центроискателя, *г* — оправки и центроискателя, *д* — вилки и измерительной плитки

Для случая, изображенного на рис. 127, *г*, центроискатель устанавливают по отверстию *Б* оправки.

Контрольный валик *1* (рис. 127, *д*) вставляют в расточенное отверстие, а через другое отверстие пропускают борштангу *3*. Установка оси борштанги на точное расстояние от торца отверстия обеспечивается при соблюдении размера

$$A = a + b + \frac{d}{2},$$

где A — размер от торца отверстия до торца вилки *2* (набор концевых мер *4*); b — постоянный размер вилки *2*; d — диаметр борштанги.

§ 3. Сверление, рассверливание и зенкерование отверстий

Операционные припуски на обработку отверстий. Припуском на обработку деталей называется слой металла, подлежащий снятию при обработке.

Размер припуска на обработку отверстий должен быть минимальным, но достаточным для получения правильной геометрической формы, заданных размеров и шероховатости отверстия при минимальном количестве необходимого инструмента и числе проходов. Таким образом, наивыгоднейший припуск на обработку отверстий обеспечивает соблюдение технических условий наряду с высокой производительностью и экономичностью обработки.

Минимальный размер припуска на обработку отверстий зависит от жесткости технологической системы и главным образом, жесткости оправок и борштанг, от вида применяемого инструмента, типа отверстий и их расположения, характера выполняемой операции, размеров отверстий и корпуса.

Необходимое число ходов при обработке отверстий уменьшается с повышением жесткости оправок и борштанг, при наличии многорезцового инструмента, симметричном расположении припуска, уменьшении длины отверстия и вылета шпинделя.

Жесткость оправок и борштанг в свою очередь повышается с применением опоры в задней стойке или люнетов.

С в е р л е н и е применяется для образования отверстий в сплошном материале с точностью до 11-го квалитета и шероховатостью до 4 класса. Необходимая длина режущей части сверла зависит от требуемой глубины сверления и определяется по чертежу обрабатываемой детали. При сверлении глубоких отверстий применяются удлиненные сверла.

Сверла устанавливают коническим хвостовиком в отверстие переходной втулки или удлинителя, а последние — в конус шпинделя станка. Предварительно сопрягаемые конические поверхности протирают концами или салфеткой. Сверла снимают с оправки или удлинителя с помощью клина-выколотки. Необходимо иметь в виду, что все инструменты с коническим хвостовиком могут

нормально работать лишь при условии хорошего сопряжения конических поверхностей и отсутствия забоин. Для направления сверла в начале обработки применяют предварительную зацентровку отверстия коротким сверлом диаметром до 30 мм.

Режимы резания при обработке на расточных станках инструментами из быстрорежущей стали выбираются по нормативам НИБТН (книга «Режимы резания металлов инструментами из быстрорежущей стали». Машгиз, 1950 [15]*) и инструментами с пластинкой твердого сплава — по картам книги «Режимы резания черных металлов инструментом, оснащенным твердым сплавом». Машгиз, 1958 [16].

Режим резания при сверлении и рассверливании выбирают в зависимости от материала обрабатываемой детали, диаметра и геометрии заточки сверла, длины обрабатываемого отверстия и вылета сверла. Подачи при сверлении определяют по картам 131 и 133 [15]. При этом верхние значения подач (I группа подач) принимают при сверлении глухих отверстий без допуска или по 5-му классу точности, последующем рассверливании, обработке двумя-тремя инструментами, обработке одним инструментом и нарезании резьбы метчиками. Средние значения подач (II группа) используют при сверлении глухих и сквозных отверстий в деталях недостаточной жесткости, последующем нарезании резьбы метчиками, обработке зенкером или двумя развертками. Минимальные значения подач (III группа) применяют для точных отверстий и последующей обработки одним зенкером или одной разверткой. Скорость резания и частоту вращения сверл определяют по картам 132 и 135 [15].

Режим резания для сверл с пластинками твердого сплава при обработке чугуна и стали выбирают: подачи — по картам 81, 82 [16], скорость резания — по картам 83—86 [16]. Выбранные величины подач и частоту вращения корректируют по паспорту расточного станка — применяется ближайшее меньшее значение подачи или частоты вращения, имеющееся у станка.

Сверла с двойной заточкой (см. рис. 55, *е*) допускают повышение скорости резания на 10—15% по сравнению со сверлами с нормальной заточкой. Подточка перемычки и ленточки, двойная заточка сверл повышают их стойкость в 1,2—2 раза при сверлении стали и до трех раз при сверлении чугуна.

Подача при сверлении осуществляется посредством осевого перемещения шпинделя относительно детали, закрепленной на неподвижном столе, или перемещения стола с деталью относительно вращающегося шпинделя (сверла). Ручная подача сверла применяется при засверливании по корке, установочном перемещении до соприкосновения инструмента с деталью и при выводе инструмента из отверстия для удаления стружки. Ввиду значитель-

---

* В дальнейшем числа в квадратных скобках означают ссылки на соответствующий порядковый номер в списке литературы.

ных осевых усилий сверление производится с механической подачей.

При сверлении необходимо соблюдать следующие правила: не применять сверла с длиной спиральных канавок меньше глубины сверления; подводить сверло к детали лишь при его вращении; врезание осуществлять вручную, а затем включать механическую подачу; не останавливать сверло при резании, не выключив предварительно подачу сверла; при сверлении сквозных отверстий торец детали должен быть перпендикулярен оси сверла на входе и выходе.

Сверление глухих отверстий на горизонтально-расточных станках производится следующим образом. Рабочий подводит сверло до соприкосновения с деталью и замечает по круговому лимбу подачи шпинделя деление, совпадающее с нулевой риской. Затем засверливает отверстие вручную и, включив механическую подачу шпинделя, следит за поворотом кругового лимба до деления, соответствующего глубине отверстия. После этого рабочий выключает механическую подачу и выводит вручную сверло из отверстия. При рассверливании глухих отверстий рабочий вручную подводит второе сверло до касания наружного диаметра сверла к торцу детали, после чего, включив механическую подачу, отсчитывает глубину сверления по лимбу подачи шпинделя.

Сверление отверстий длиной меньше пяти диаметров сверла при нормальном вылете шпинделя производится по разметке без направления сверла. При точном расположении отверстия (отношении длины отверстия к диаметру больше 5) сверла направляются через втулки, установленные в приспособлении, или предварительно обработанные отверстия в одной из стенок детали. Если отверстие расположено на значительном расстоянии от торца шпинделя, применяется удлиненная оправка (см. рис. 70, *в*), входящая со скользящей посадкой в направляющую втулку.

Охлаждение при сверлении осуществляется смазочно-охлаждающими жидкостями: эмульсией или керосином. Расход эмульсии должен быть 10—12 л/мин. Применение охлаждения при обработке стали позволяет увеличить скорость резания на 25—30%.

Поломка сверл может произойти вследствие выкрашивания режущих кромок, затупления, износа или повреждения кромок ленточек или поломки лапки хвостовика. Чтобы предотвратить поломку сверл от указанных причин, необходимо уменьшить скорость резания, заточить сверло, уменьшить подачу, заменить направляющую втулку с прослабленным диаметром отверстия, своевременно очищать сверло от стружки, обеспечить правильное сопряжение конических поверхностей инструмента, переходной втулки и шпинделя.

При сверлении деталей на расточных станках могут быть следующие погрешности обработки: уход сверла от заданной оси, разбивка отверстия по диаметру, неудовлетворительная шероховатость обработки или смещение оси отверстия от базовых поверхностей.

Причины увода сверла от заданной оси: продольный изгиб сверла, неплотная посадка конуса сверла в шпинделе станка, непараллельность оси шпинделя направляющим станка или неперпендикулярность поверхности детали направлению подачи сверла.

Причины разбивки отверстия при сверлении: несоосность осей хвостовика и рабочей части сверла, смещение оси заборного конуса относительно хвостовика, неравенство режущих кромок при заточке или биение оси шпинделя станка.

Неудовлетворительная шероховатость обработки отверстия сверлом и смещение оси отверстия от базовых поверхностей также являются следствием указанных выше причин, но, кроме того, зависят и от качества заточки, состояния режущих кромок и ленточки, правильности координации инструмента при установке.

Увод сверла от заданной оси можно предупредить двойной заточкой с подточкой перемычки и ленточки, предварительной засверловкой жестким укороченным сверлом, применением удлиненных направляющих втулок при сверлении отверстий в нескольких стенках, ликвидацией забоин и загрязнения конусов инструмента и шпинделя, перемещением шпинделя (а не стола) во время обработки и фрезерованием торца детали перед сверлением.

Разбивку отверстия по диаметру также можно предупредить, если соблюдать технические условия на биение рабочей части сверла относительно хвостовика (диаметр сверла до 20 мм — биение не более 0,12 мм, диаметр 20—50 мм — 0,15 мм, диаметр свыше 50 мм — 0,18 мм), затачивать режущие кромки сверла с базой от хвостовика и контролировать равенство длин режущих кромок.

Рассверливанием называется сверление предварительно просверленного отверстия. Рассверливание применяется при обработке отверстий в сплошном материале диаметром свыше 30 мм.

Обработка больших отверстий двумя или тремя сверлами более производительна, чем одним сверлом, так как сверло большого диаметра имеет широкую поперечную кромку, которая вызывает значительные осевые усилия. В результате снижается подача и увеличивается время сверления. Три сверла применяют при обработке отверстий диаметром свыше 50 мм. При рассверливании отверстий припуск на сторону для каждого следующего сверла составляет 10—12 мм. Режим резания при рассверливании отверстий выбирают по картам 137—142 [15].

Зенкерование отверстий производится зенкерами (см. рис. 55) для улучшения шероховатости и точности отверстий, полученных предварительным сверлением или методом отливки, ковки, штамповки. Выбор типа зенкера зависит от материала, размеров и состояния поверхностей, отверстий обрабатываемой детали, характера выполняемой операции (обработки отверстия, выточки, бобышки, ступенчатых отверстий и др.). Способы закреп-

ления зенкеров на оправках и борштангах указаны на рис. 55, 70, 73.

Средние значения припуска на диаметр, снимаемый при зенкеровании, равны: для диаметра отверстия 20 мм — 1 мм, для диаметра 30 мм — 2, для диаметра 50 мм — 3, для диаметра 65 мм — 4, для диаметра 80 мм — 5 мм.

Зенкер, являясь многолезвийным инструментом, несколько выправляет ось отверстия, полученного предварительной обработкой. Однако если ось отверстия сильно искривлена, припуск под зенкер распределяется неравномерно и на противоположных сторонах отверстия возникает разность сил резания, которая изгибает оправку зенкера и вызывает искривление оси отверстия после обработки зенкером. Прямолинейность оси отверстия после зенкерования можно обеспечить при условии применения жесткой короткой оправки и последовательной обработки отверстия двумя зенкерами с большим углом в плане φ.

Зенкерование позволяет получить точность обрабатываемых отверстий 11-го квалитета и шероховатость до 6-го класса.

Режим резания при зенкеровании выбирают для зенкеров из быстрорежущей стали по картам 144—148 [15], для зенкеров с пластинками твердого сплава — по картам 95—97 [16].

Охлаждение при зенкеровании аналогично и при сверлении.

Зенкерование цилиндрических и конических углублений и цекование (зачистка) торцовых поверхностей бобышек применяются для установки головок винтов впотай или для образования опорных площадок под головки винтов или шайбы.

При зенкеровании могут появиться дефекты обработки поверхностей и отверстий: задиры и глубокие риски от прилипания частиц металла к инструменту, разбивание диаметра отверстия за пределы припуска под развертку, появление дробленой поверхности и выкрашивание режущей кромки из-за вибрации зенкера. Для предупреждения этих дефектов следует смазать зенкер керосином или индустриальным маслом, изменить геометрию заточки (угол φ), уменьшить диаметр зенкера или повысить подачу до предельно допустимой по прочности инструмента.

Измерение отверстий при сверлении и зенкеровании производится штангенциркулем, штангенглубиномером или индикаторным нутромером.

Точность обработки и формы отверстия будет тем выше, чем меньше и равномернее припуск на обработку, лучше направление инструмента и инструмент имеет больше лезвий при достаточной жесткости.

§ 4. Развертывание и растачивание цилиндрических отверстий

Окончательная форма отверстия на горизонтально-расточных станках, как правило, получается в результате развертывания (для отверстий диаметром до 300 мм) или чистового растачива-

ния (диаметром свыше 300 мм) и реже после шлифования, хонингования и притирки. Окончательное зенкерование после сверления допускается в исключительных случаях, когда не требуется высокая точность межцентровых осей отверстий в корпусе и шероховатость обработки.

Величина припуска под развертку лимитируется высотой микронеровностей, образованных предшествующими инструментами, и глубиной деформированного слоя, имеющего повышенную твердость по сравнению с основным материалом. Припуски под черновое развертывание составляют 0,2—0,25 мм, под чистовое развертывание — 0,05—0,1 мм. Толщина срезаемого слоя, приходящаяся на один зуб, 0,03—0,04 мм (угол заборного конуса для чугуна $\varphi=4°$, для стали $\varphi=15°$).

Для получения 7-го класса шероховатости при двукратном развертывании быстрорежущей разверткой для чугуна рекомендуется скорость резания 2—4 м/мин, для стали 6—9 м/мин с применением смазки машинным маслом или керосином.

Для получения 6-го класса шероховатости при обработке чугуна твердосплавными развертками диаметром до 100 мм без охлаждения допустима скорость резания 25—30 м/мин.

Смазка обрабатываемой поверхности керосином (или обработка чугуна) на глубину слоя, снимаемого разверткой, улучшает шероховатость обработки, так как при этом уменьшается сила трения и устраняется приваривание мельчайших частиц стружки к режущей кромке. Однако при этом развертка быстрее изнашивается.

Режимы резания при развертывании отверстий определяют, исходя из точности и шероховатости отверстий: для разверток из быстрорежущей стали — по картам 151—155 [15], для разверток с пластинками из твердого сплава — по картам 103—106 [16].

Припуск на развертывание зависит от диаметра отверстия и схемы обработки.

Развертывание обеспечивает 6—7-й квалитеты точности отверстия и шероховатость поверхности по 6—8-му классам.

Развертки насадные, с коническим хвостовиком закрепляют в оправках, имеющих шарнирное или «плавающее» соединения (см. рис. 69 и 70), благодаря чему они самоустанавливаются по отверстию. Развертки на борштангах закрепляют жестко, но при этом их радиальное биение не должно превышать 0,02—0,03 мм. При длине оправок с «плавающими» развертками не более $6d$ и длине борштанги между опорами не более $20d$ обеспечивается отсутствие вибрации при развертывании.

Высокое качество развертывания сквозных и несквозных отверстий можно обеспечить при условии предварительной обработки торца или снятия фаски для удаления твердой корки; соблюдения правильной геометрической формы и прямолинейности оси отверстия, подготовленного под развертку, наличия регламентированного и нормально распределенного припуска; отсутствия биения и искривлений оси оправок и борштанг; точного совме-

щения оси обрабатываемого отверстия с осью шпинделя; применения всех инструментов, предусмотренных схемой обработки, смазочно-охлаждающих жидкостей и максимально возможных подач при черновом развертывании. При развертывании чугуна применяется смазка развертки керосином или маслом для предотвращения «разбивания» отверстия и повышения качества поверхности.

При развертывании могут быть следующие дефекты: не выдержан диаметр отверстия, остались следы предварительной обработки, дробления, надиров или выхватов; заедание и поломка разверток. Для предупреждения и исправления этих дефектов могут быть приняты такие меры, как доводка разверток по диаметру, совмещение осей развертки и отверстия, уменьшение скорости резания, заточка развертки, проверка биения оправки и развертки, повышение припуска под развертывание.

Растачивание цилиндрических отверстий резцом в отличие от сверления и зенкерования позволяет получить лучшую прямолинейность оси отверстия и более высокую точность размеров.

Однако в отношении шероховатости обработки и производительности метод растачивания отверстий менее эффективен, чем метод развертывания. Поэтому в общем виде последовательность применения инструментов при обработке отверстий такова: сверление, рассверливание, зенкерование, растачивание, развертывание. В зависимости от конкретных условий могут быть применены следующие типовые схемы обработки отверстий на расточных станках.

Схема 1: сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание (при обработке отверстий диаметром до 65 мм в сплошном материале, отношении длины отверстия к диаметру не более 5, неточном расположении отверстий от базовых поверхностей).

Схема 2: сверление, рассверливание, растачивание, развертывание (при обработке отверстий в сплошном материале, отношении длины отверстий к диаметру более 5, точном расположении отверстий относительно базовых поверхностей). В этой схеме развертыванию может предшествовать дополнительное зенкерование отверстия.

Схема 3: зенкерование, растачивание, развертывание (при обработке отлитых отверстий диаметром 60—100 мм, длиной до 300 мм).

Схема 4: растачивание, развертывание (при обработке отлитых отверстий диаметром 100—300 мм, длиной до 400 мм).

Подбор расточных резцов, борштанг, оправок и расточных головок производится в зависимости от диаметра и длины обрабатываемого отверстия, характера конструкции, жесткости и габаритов обрабатываемой детали. Диаметр оправки или борштанги выбирается с учетом наибольшей жесткости и обеспечения выхода стружки. Длина борштанги или оправки должна быть минимальной, но достаточной для консольной обработки отверстия или направления в задней стойке, люнете или приспособлении.

Расточные блоки и головки применяют при обработке отверстий диаметром более 130 мм. При черновом растачивании отверстий в нескольких стенках для повышения производительности используют борштанги с соответствующим количеством расточных резцов, закрепленных в отверстиях борштанг.

Необходимость разделения обработки отверстий на черновую и чистовую вызывается следующими обстоятельствами: припуск на сторону для предварительно отлитых отверстий достигает 15 мм при неравномерном распределении припуска по окружности и наличии твердой корки, загрязненной посторонними примесями.

Разделение обработки на черновую и чистовую позволяет выделить для грубой обработки менее точные станки и сохранить станки, занятые точной обработкой.

Отверстия диаметром до 150 мм обрабатываются за один-два прохода одним резцом, закрепленным в консольной оправке.

Отверстия диаметром более 150 мм следует растачивать одновременно двумя упорно-проходными резцами, закрепленными на диаметрально-противоположных сторонах консольной оправки.

Сквозные отверстия обрабатывают двумя способами: с помощью концевых расточных оправок и головок (консольная обработка отверстий); с помощью расточных борштанг. Консольная обработка отверстий более предпочтительна, чем обработка борштангой с опорой, расположенной за деталью. Это объясняется бóльшей жесткостью инструмента и возможностью применения более высоких режимов резания, благодаря чему достигается и бóльшая производительность обработки.

Несквозные (глухие) отверстия могут быть обработаны только консольными инструментами. При этом резец закрепляют в окне концевой оправки в наклонном положении так, чтобы режущая кромка резца выступала за торец оправки.

Способы растачивания сквозных и несквозных отверстий, диаметр которых меньше диаметра шпинделя, различаются также по способу осуществления подачи:

инструменту, закрепленному в шпинделе, сообщается главное вращательное движение и осевая подача. При этом с возрастанием вылета шпинделя отжим резца увеличивается и геометрическая форма отверстия искажается;

инструменту, закрепленному в шпинделе, сообщается только главное вращательное движение, а движение подачи сообщается столу с изделием; при этом вылет шпинделя не изменяется и форма отверстия искажается меньше. Этот способ растачивания применяется для обработки точных отверстий.

Ступенчатые отверстия, расположенные с двух сторон (см. рис. 123, *з*), растачивают расточными правыми и левыми упорно-проходными и подрезными резцами с углом установки режущей кромки резца к оси оправки $\varphi=90°$. Растачивание ступеней с наружной и внутренней сторон выполняется с изменением направления осевой подачи, заменой и установкой резцов по диаметру и углу $\varphi=90°$ к образующей оправки.

Растачивание отверстий с параллельными осями без кондуктора при расположении отверстий в одной стенке производится в несколько приемов:

установка детали с выверкой положения по двум базовым поверхностям (основанию и боковому торцу);

центрирование шпинделя с осью первого отверстия, связанного с базовыми поверхностями, при помощи контрольного валика (ловителя), вставленного в шпиндель станка, и набора мерительных плиток, установленных между столом и ловителем или планкой, прикрепленной к боковой базе, и ловителем;

окончательная обработка первого отверстия;

контроль координат мерительными плитками;

центрирование шпинделя с параллельной осью второго отверстия при помощи контрольного валика, вставленного в первое отверстие ловителя, установленного в шпиндель, и мерительных плиток, набранных со скользящей посадкой между ловителем и контрольным валиком первого отверстия.

Отсчет перемещения стола и шпиндельной бабки по координатам второго отверстия производится по линейкам станка или при помощи координатного измерительного устройства.

Растачивание отверстий с параллельными осями в двух стенках детали производится с поворотом стола на 180° и повторным центрированием шпинделя с осями отверстий.

Растачивание отверстий с взаимно перпендикулярными осями выполняется в такой последовательности: установка, выверка и закрепление детали на столе; центрирование шпинделя с осью первого отверстия; обработка первого отверстия; поворот стола с деталью на угол 90°; совмещение оси шпинделя с осью первого отверстия при помощи контрольного валика, вставленного в первое отверстие, ловителя, установленного в шпиндель, и контрольной втулки, надетой на ловитель. Наружный диаметр втулки равен диаметру контрольного валика, поэтому лекальная линейка, установленная сверху и снизу по образующей втулки, должна касаться диаметра контрольного валика;

совмещение оси шпинделя с осью второго отверстия по заданному размеру от бокового торца детали;

обработка второго отверстия.

Центрирование шпинделя с осями обрабатываемых отверстий при помощи накладных шаблонов (см. рис. 124, *в*), приспособлений и кондукторов весьма эффективно при обработке определенной партии деталей. Установка и крепление расточных резцов в оправках и борштангах изображены на рис. 4, *б*, 68, 74, в расточных патронах, головках и суппортах — на рис. 85 — 93.

Погрешности формы поверхностей и расположения отверстий в корпусных деталях при их растачивании, а также способы проверки отверстий описаны в § 3 и 4 гл. VIII. Важно уяснить причины возникновения и способы устранения этих погрешностей.

Неправильный размер отверстия является следствием ошибочной установки резца на размер, отжима резца и оправки или не-

точности изготовления и заточки многолезвийного инструмента. Устранение погрешности достигается периодической проверкой установки резца микрометрическими приборами и калибрами, уменьшением вылета резца и повышением жесткости оправки или борштанги, раздельной черновой и чистовой обработкой с охлаждением, уменьшением величины припуска, проверкой биения развертки индикатором и уменьшением массы развертки. Неправильный размер наружной цилиндрической поверхности может иметь место из-за неточной установки и недостаточной жесткости резца, патрона, радиального суппорта или летучего суппорта. Дефект устраняется пробной проточкой пояска, повышением жесткости резца, патрона, суппорта, измерением детали без усилий и перекоса измерительного инструмента, применением подрезного резца с углом в плане 90° и малым радиусом при вершине, систематической проверкой и регулированием величины зазора в подшипниках шпинделя. Конусность наружных цилиндрических поверхностей и отверстия устраняется уменьшением общего вылета резца, применением подачи стола с деталью на инструмент, доводкой твердосплавного инструмента, применением дополнительного получистового прохода и дополнительной опоры расточного шпинделя или борштанги. Бочкообразность отверстия устраняется проверкой прямолинейности направляющих станины, подтягиванием клиньев и прижимных планок. Несоосность отверстий, расположенных на одной оси, предотвращается снижением режима обработки, применением дополнительных опор оправок и борштанг, обработкой с одного установа без поворота детали, перепроверкой координации инструмента при обработке с двух сторон, введением дополнительного прохода и повышением жесткости крепления детали. Искривление оси соосных отверстий может явиться следствием перемены направления подачи, а непараллельность отверстий — неправильной установки борштанги относительно плоскости стола и оси шпинделя или деформации детали. Необходима дополнительная проверка положения борштанги и детали по базовым поверхностям на параллельность оси шпинделя и отсутствие деформации детали при закреплении с помощью индикатора. Непараллельность торцовых поверхностей к осям отверстий исключается при обработке отверстия и торца с одной установки детали, уменьшением подачи и увеличением числа проходов при подрезании торцовых поверхностей. Для устранения выпуклости и вогнутости поверхности необходимо проверять перпендикулярность режущей кромки резца к цилиндрической поверхности оправки или борштанги и правильность перемещения суппорта.

Режимы резания при растачивании отверстий. Глубина резания зависит от припуска на обработку и числа ходов. Выгоднее вести обработку с возможно меньшим числом ходов. Максимально допустимая глубина резания в зависимости от диаметра оправки или борштанги приведена в табл. 11.

Режимы резания для растачивания отверстий и других видов обработки, применяемых на расточном станке, инструменты,

11. Максимально допустимая глубина резания (мм) в зависимости от диаметра оправки или борштанги

Обрабатываемый материал	Диаметр оправки или борштанги					
	50	70	90	110	125	150
Сталь	3	5	8	10	12	15
Чугун	5	8	12	15	18	22

оснащенные твердым сплавом, назначаются по нормативам НИБТН.

Подача для чернового растачивания односторонним резцом с пластинкой твердого сплава при работе без борштанги (шпиндель с резцедержателем) и с консольной борштангой при обработке стали и стального литья выбираются по карте 15, при обработке чугуна — по карте 16, подачи для чернового растачивания с двух-

12. Подача при получистовом растачивании стали

Класс шероховатости по ГОСТ 2789—73	Радиус при вершине резца, мм	Скорость резания, м/мин	
		30—70	80 и выше
		Подача s, мм/об	
4	0,5 1,0 2,0	0,30—0,52 0,44—0,63 0,57—0,69	0,46—0,55 0,57—0,65 0,67—0,69
5	0,5 1,0 2,0	0,17—0,26 0,22—0,37 0,30—0,52	0,23—0,39 0,30—0,46 0,44—0,54
6	0,5 1,0 2,0	0,11—0,14 0,14—0,19 0,16—0,25	0,11—0,22 0,16—0,30 0,21—0,38

Примечание. Подачи в таблице рассчитаны на обработку стали $\sigma_в = 700—900$ МПа. При обработке стали с другими значениями $\sigma_в$ табличные значения подачи следует умножить на коэффициенты: для $\sigma_в > 50$ МПа, $K = 0,7$; для $\sigma_в = 500—700$ МПа $K = 0,75$; для $\sigma_в = 900—1200$ МПа $K = 1,25$.

13. Шероховатость поверхности при расточных работах

Вид обработки	Инструмент	Класс шероховатости поверхности
Растачивание	Резец	3—6
Развертывание	Развертка	6—8
Подрезка торца	Резец	3—6
Алмазная расточка	Резец (по стали)	7—8
Торцовое фрезерование	Резцовая и ножевая головка	4—5

опорной борштангой стали и чугуна резцами Т5К10 по стали и резцами ВК8 по чугуну выбираются по карте 17.

Скорости резания при растачивании стали и стального литья резцами Т15К6 назначаются по карте 19, при растачивании чугуна резцами ВК6 — по карте 20. Подачи при получистовом растачивании стали выбираются по табл. 12. Шероховатость поверхности, получаемая при расточных работах, приведена в табл. 13.

Режимы резания для всех видов обработки, применяемых на расточных станках, инструментами из быстрорежущей стали назначаются по нормативам НИБТН, приведенным в книге «Режимы резания черных металлов инструментами из быстрорежущей стали». Машгиз, 1950.

§ 5. Типовые технологические процессы обработки отверстий

Консольная обработка соосных отверстий в нескольких стенках. Если предварительно отлитые или просверленные отверстия имеют отклонения в расстояниях от базовых поверхностей или непрямолинейность оси отверстия, то при обработке отверстий нормальными зенкерами без приспособлений не удается исправить эти погрешности, если они значительны. Для этой цели необходимо после сверления произвести расточку отверстий. Типовая схема обработки в сплошном материале двух точных соосных отверстий, расположенных в двух стенках корпуса (рис. 128, *а*), следующая:

1. Обработка отверстия $DH7$ в первой стенке;

сверление $d_{св1}=0,2\ D$;

рассверливание $d_{св2}=0,7\ D$;

растачивание $d_{растз}=0,91\ D$ (количество ходов определяется в зависимости от отношения $\frac{L}{D}$, где D — диаметр отверетия, L — расстояние от конца направляющей втулки до конца обрабатываемого отверстия);

зенкерование $d_{зенк4}=D-0,3$;

развертывание $d_{разв5}=D-0,1$; $d_{разв6}=DH7$.

2. Обработка отверстия D_1H7 во второй стенке производится по той же схеме с применением удлиненной направляющей втулки, установленной в обработанное отверстие $DH7$ первой стенки.

Консольная обработка отверстий в нескольких стенках может производится при осевой подаче стола с деталью или осевой подаче шпинделя, без смены консольной оправки или со сменой консольной оправки, без поворота или с поворотом детали на 180°.

Черновая обработка предварительно отлитых отверстий осуществляется двухрезцовой расточной головкой, получистовая — однорезцовым блоком с микрометрическим регулированием, чистовая — развертками с качающимися и шарнирными оправками (см. рис. 70, *г*, *д*).

Методы консольного растачивания соосных отверстий в нескольких стенах с поворотом детали на 180° следующие:

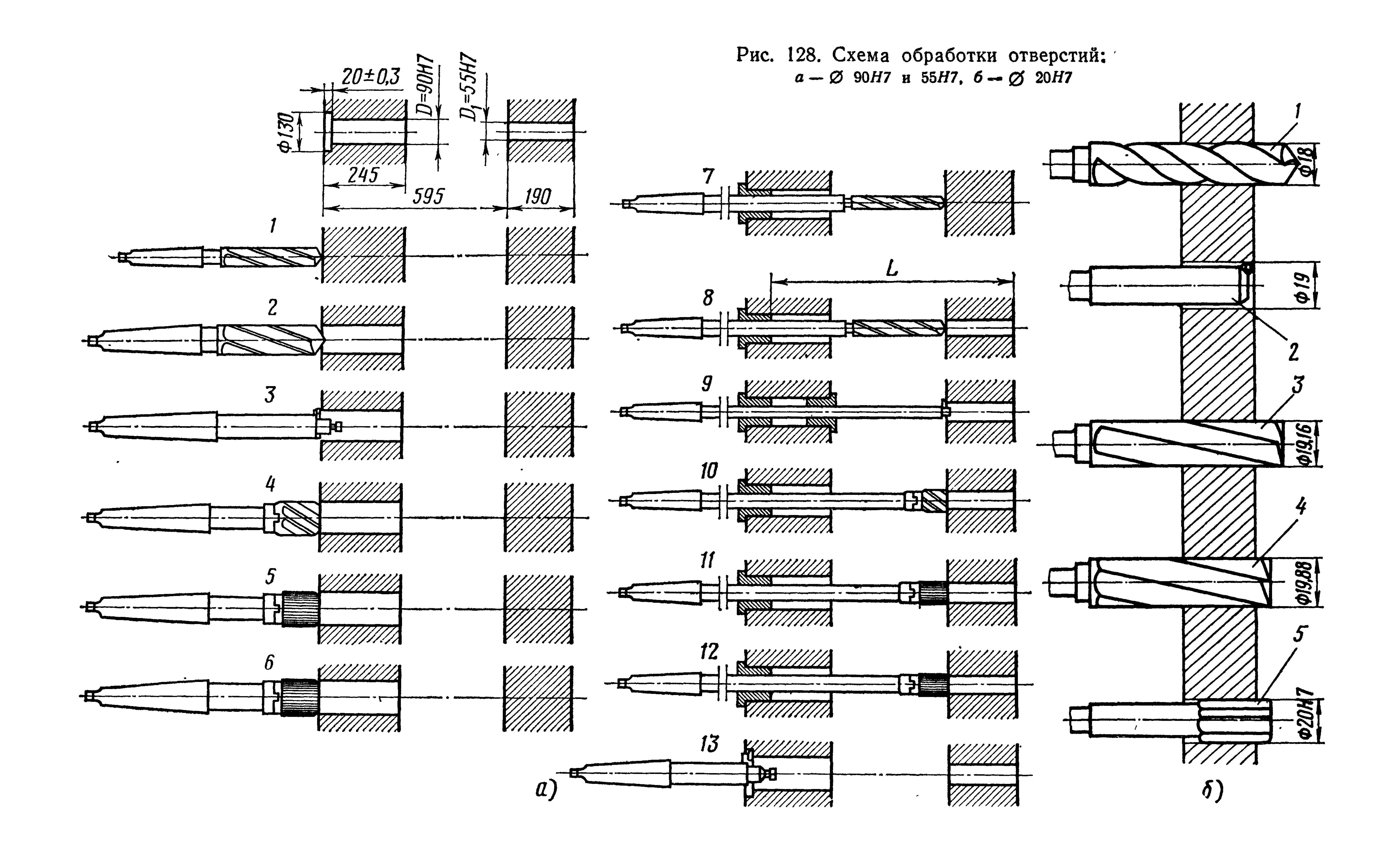


Рис. 128. Схема обработки отверстий:
а — Ø 90*H7* и 55*H7*, *б* — Ø 20*H7*

1. Обработка предварительно отлитых отверстий в двух стенках: а) предварительная и окончательная обработка первого отверстия; б) поворот детали на 180°, выверка центроискателем по первому отверстию, предварительная и окончательная обработка второго отверстия.

2. Обработка соосных отверстий малого диаметра по сплошному материалу в четырех стенках: а) выверка оси отверстия по накладному шаблону, сверление, рассверливание и черновое развертывание отверстия в первой стенке; б) установка направляющей втулки в первое отверстие, сверление, рассверливание, растачивание, черновое развертывание, подрезка торца, чистовое развертывание отверстия во второй, а затем в первой стенке; в) поворот детали на 180°, выверка соосности отверстия по накладному шаблону и повторение переходов для обработки отверстия в четвертой стенке и затем обработка отверстия в третьей стенке.

Обработка соосных отверстий в нескольких стенках с применением борштанг. Обработку соосных отверстий борштангой можно производить с осевой подачей стола с деталью или осевой подачей шпинделя, без переустановки или с переустановкой резца в борштанге, с поворотом или без поворота детали.

Метод растачивания трех соосных предварительно отлитых отверстий большого диаметра, расположенных в трех стенках, с опорой борштанги в люнетной стойке и подачей шпинделя:

черновое растачивание трех отверстий двухрезцовой расточной головкой с разделением припуска;

черновая и чистовая обработка торцовых поверхностей отверстия с радиальной подачей резца;

чистовое последовательное растачивание трех отверстий одним резцом $\varphi=90°$.

Метод растачивания соосных предварительно отлитых отверстий в нескольких стенках с большим расстоянием между стенками:

черновое растачивание отверстий разъемными блоками;

получистовое растачивание одним резцом $\varphi=90°$ каждого отверстия поочередно;

чистовое растачивание однорезцовым блоком с микрометрическим регулированием каждого отверстия в отдельности.

Метод обработки соосных отверстий в пяти стенках с поворотом детали:

выверка оси отверстия по накладному шаблону, предварительное растачивание, предварительное и окончательное развертывание отверстия в первой стенке с применением контрольной оправки;

предварительное растачивание отверстия во второй стенке с направлением консольной оправки через втулку, установленную в первое отверстие;

предварительное растачивание отверстия в третьей стенке с направлением консольной оправки через втулки, помещенные в первой и второй стенках;

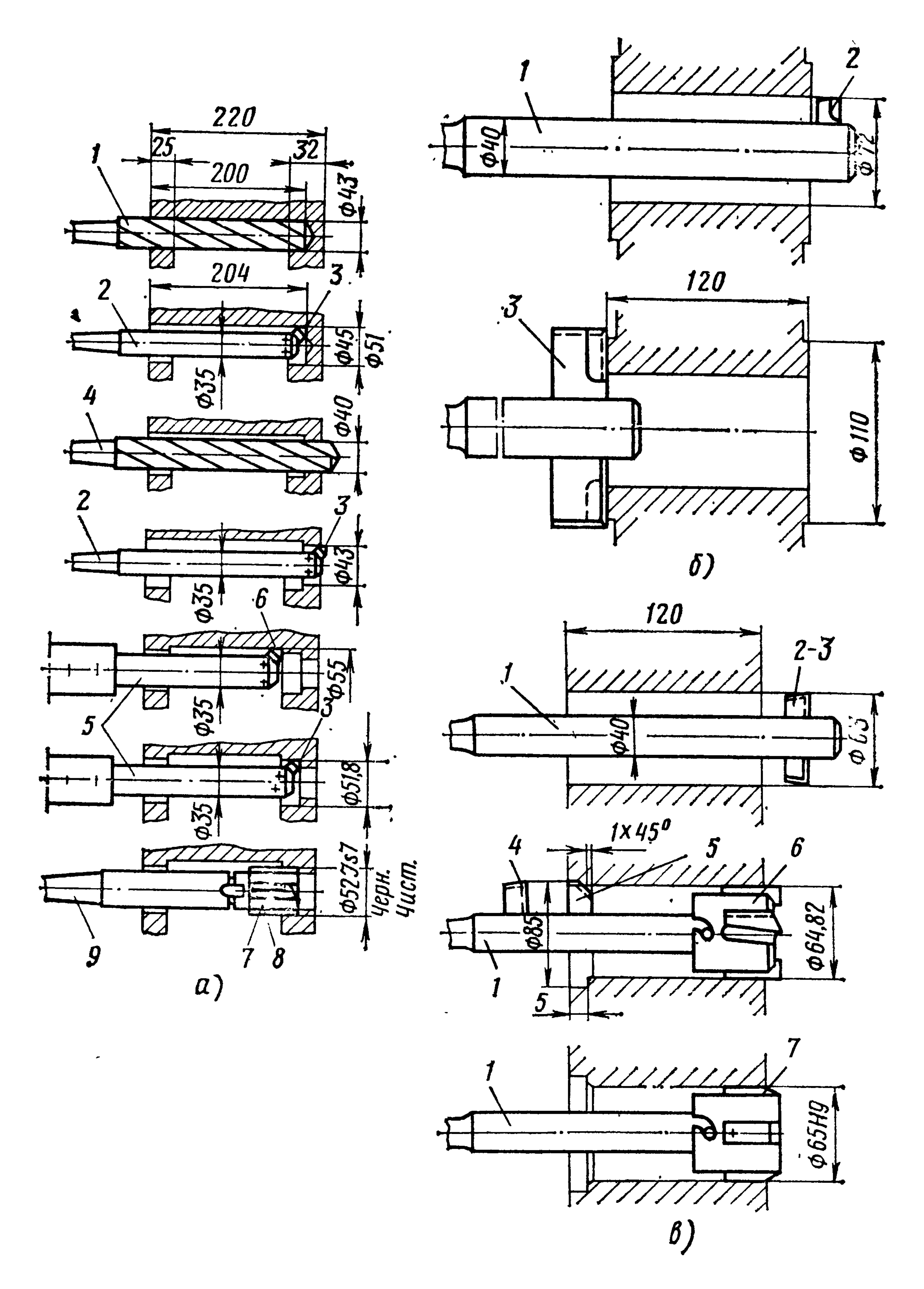


Рис. 129. Схема обработки отверстий:

а — ∅ 43 мм и ∅ $52J_s7$ с открытой выточкой ∅ 55 мм, *б* — ∅ 72 мм и двух открытых торцов, *в* — ∅ 65*H9* с цековкой ∅ 85 мм и фаской

поворот детали на 180°, выверка соосности по накладному шаблону, сверление, рассверливание, растачивание, предварительное и окончательное развертывание отверстия в пятой стенке;

предварительное растачивание отверстия в четвертой стенке;

поворот детали на 180°, окончательное растачивание отверстий во второй, третьей и четвертой стенках с применением борштанги и направляющих втулок, установленных в отверстиях первой и пятой стенок.

Примеры типовых схем обработки отверстий. На рис. 129—132 приведены типовые схемы обработки отверстий, торцов и выточек корпусных деталей.

На каждой схеме изображены эскизы последовательно выполняемых ходов, указаны размеры обработки и приведена нумерация применяемых инструментов.

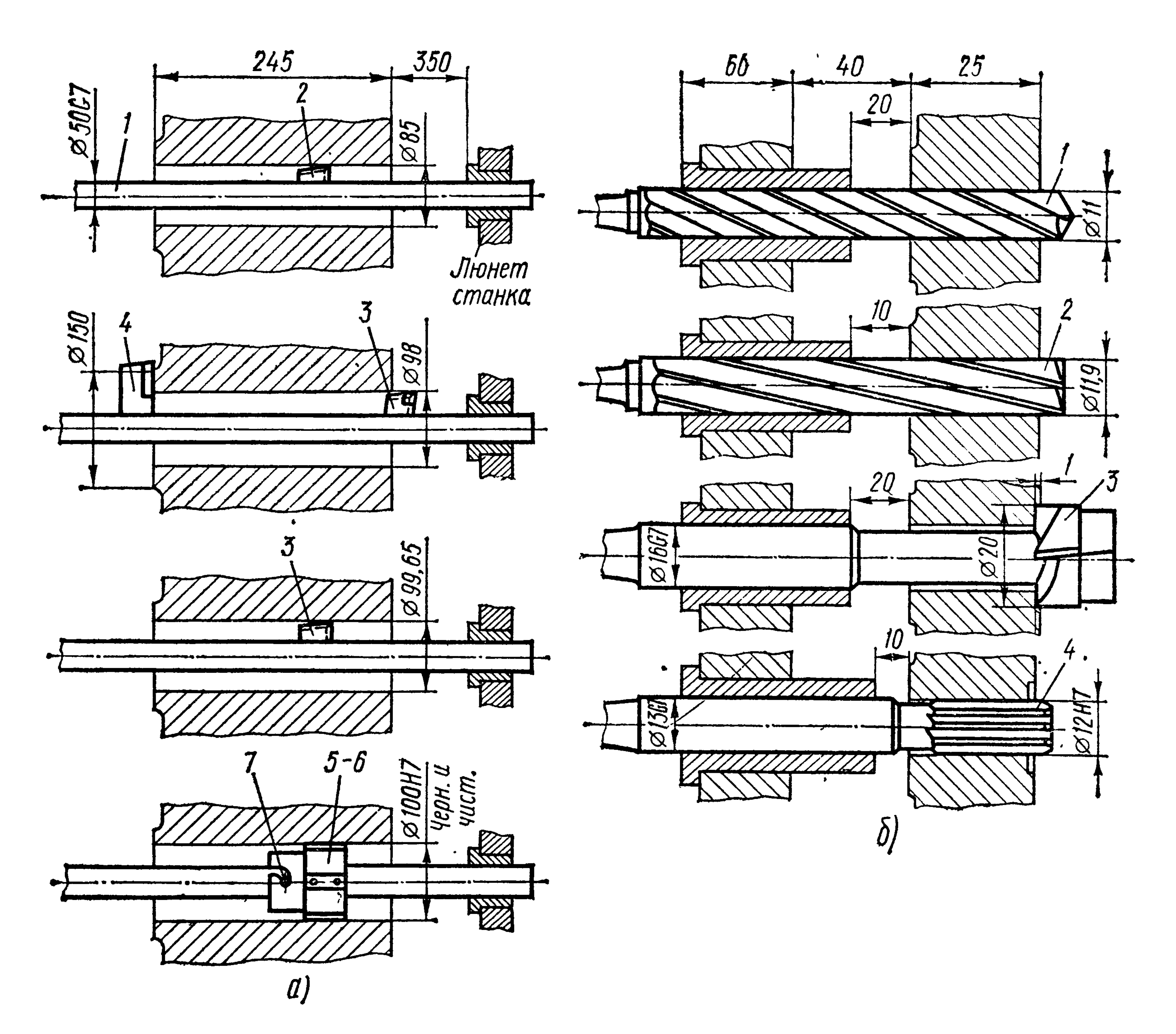


Рис. 130. Схема обработки отверстий:

а — Ø 100H7 с подрезкой торца Ø 150 мм, *б* — Ø 12*H7* с цековкой Ø 20 мм с направлением инструмента в приспособлении

Схемой консольной обработки отверстия диаметром *20H7* в сплошном материале (рис. 128, *б*) предусматривается последовательное применение сверла, консольной расточной оправки, двух зенкеров и развертки или зенкера и двух разверток.

Обработка двух соосных отверстий диаметром $52J_s$ *7* и 43 мм с открытой выточкой диаметром 55 мм изображена на рис. 129, *а*.

Прежде всего производится сверление и растачивание глухого отверстия до диаметра 51 мм на длину 204 мм, затем выполняется сверление и растачивание сквозного отверстия диаметром 43 мм. Расточка открытой выточки до диаметра 55 мм и глухого

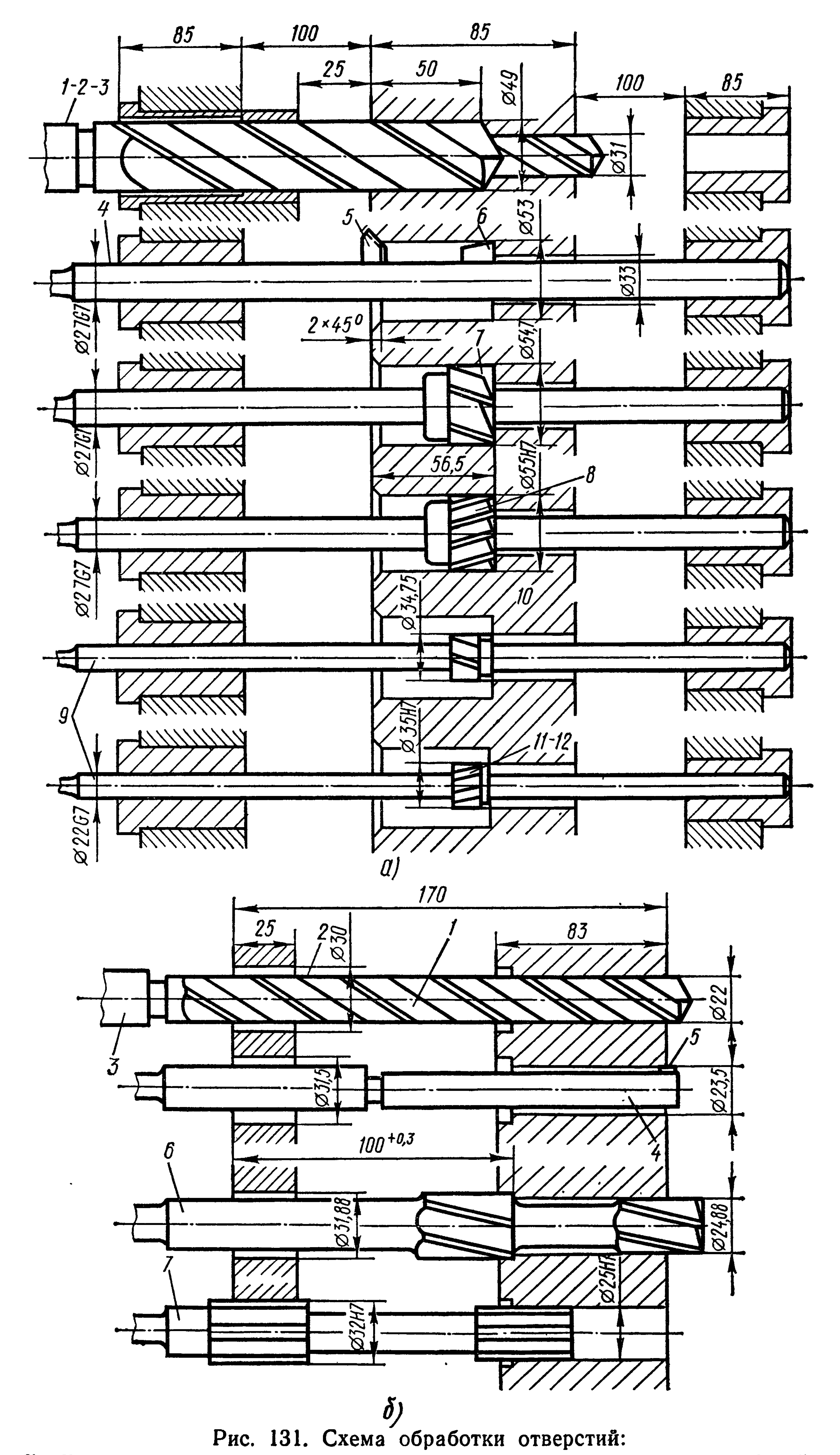


Рис. 131. Схема обработки отверстий:

а — Ø 55*H7* и 35*H7* с двусторонним направлением борштанги в приспособлении, *б* — Ø 32*H7* и 25*H7* специальными двухступенчатыми зенкером и разверткой

отверстия диаметром J_s7 до диаметра 51,8 мм- производится с помощью расточной консольной оправки с наклонным креплением резца, установленного в державку кулисы. Черновое и чистовое развертывание отверстия диаметром $52J_s7$ осуществляется донной разверткой, закрепленной на шарнирной оправке.

Обработка отверстия диаметром 72 мм и двух открытых торцов выполняется по схеме, приведенной на рис. 129, *б*. Деталь с предварительно отлитым отверстием подвергается расточке двумя односторонними резцами с пластинкой твердого сплава ВК8, закрепленными поочередно в консольной оправке диаметром 40 мм. Торцы отверстия подрезают двусторонним ножом, установленным в консольной оправке.

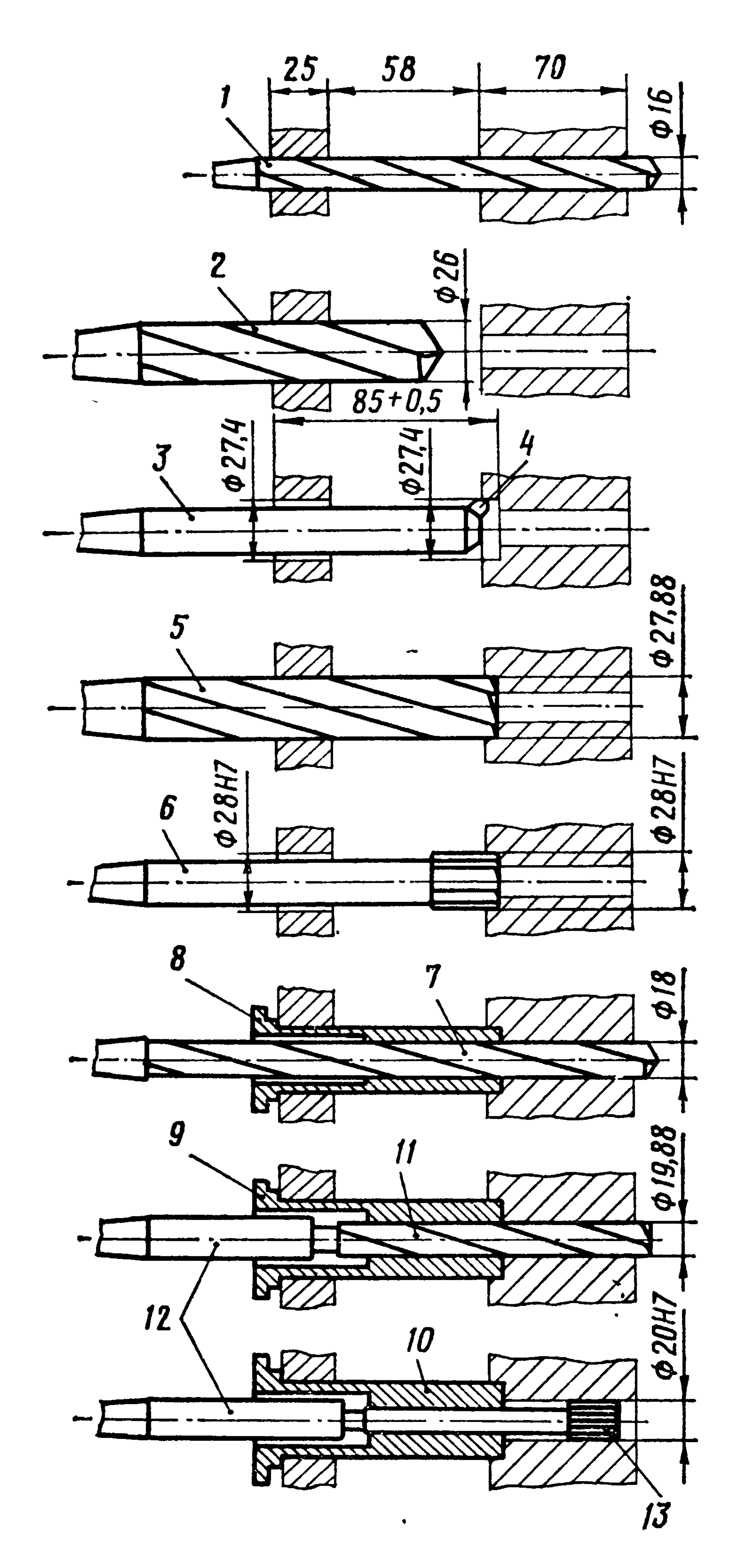


Рис. 132. Схема обработки отверстий Ø 20*Н7* и 28*Н7* с применением удлиненной направляющей втулки

Обработка отверстия диаметром 65*Н8* с цековкой диаметром 85 мм и фаской 1×45° выполняется последовательно по схеме (рис. 129, *в*); расточка до диаметра 63 мм двумя расточными резцами, расточка цековки диаметром 85 мм, глубиной 5 мм односторонним резцом, снятие фаски резцом, зенкерование отверстия до диаметра 64,82 мм и развертывание до диаметра 65*Н9*.

Если отверстие имеет значительную длину и диаметр, а деталь по своей конструкции требует большого вылета шпинделя при обработке, тогда обработка производится с применением борштанги и люнета, установленного на столе станка, или опоры в задней стойке. Такой метод обработки отверстия диаметром 100*Н7* с подрезкой торца диаметром 150 мм изображен на рис. 130, *а*. Расточка отверстия производится за три хода односторонними резцами, укрепленными в борштанге, до диаметра

99,65 мм с подрезкой торца и последующим черновым и чистовым развертыванием до диаметра 100*H7*.

В условиях серийной обработки корпусных деталей, а также в случае необходимости обеспечения высокой точности взаимного расположения отверстий с параллельными или перпендикулярными осями применяют специальные приспособления или накладные шаблоны для расточки деталей.

На рис. 130, *б* показан метод обработки отверстия диаметром 12*H7* с цековкой диаметром 20 мм, глубиной 1 мм на внутренней стороне стенки корпуса. Инструменты (сверло, зенкер, цековка и развертка) направляются через втулки приспособления. В этом случае применяют специальную обратную цековку и развертку.

Для обеспечения точности расположения отверстия диаметром 12*H7* зенкер и развертка направляются в приспособлениях удлиненной втулкой.

При значительной длине отверстия и малой жесткости борштанги или оправки приспособление обеспечивает двойное направление борштанги или оправки с инструментом.

На рис. 131, *а* изображена обработка двух соосных отверстий диаметром 55*H7* и 35*H7* со снятием фаски 2×45°. В данном случае двустороннее направление борштанги в приспособлении продиктовано необходимостью обеспечения соосности отверстий при малом диаметре и большой длине борштанги с инструментом.

Последовательность переходов и применяемый инструмент показаны на схеме:

На рис. 131, *б* приведен пример применения специального комбинированного ~~дву~~хступенчатого зенкера и развертки.

На рис. 132 показана обработка соосных отверстий диаметром 20*H7* и 28*H7* с применением удлиненной направляющей втулки.

Более сложную двустороннюю обработку соосных отверстий диаметром $52J_s7$ и $62J_s7$ выполняют в приспособлении с двусторонним направлением борштанги и применением специальных насадных разверток.

Контрольные вопросы

1. Что называется технологическим процессом механической обработки?
2. Какая технологическая документация применяется на машиностроительном предприятии?
3. Какие формы отверстий обрабатываются на расточных станках?
4. В чем состоит подготовка деталей к обработке на расточном станке?
5. Какой припуск снимается при черновом и чистовом растачивании отверстия диаметром 100*H7*?
6. Что называется установочной базой?
7. Как производится установка детали при обработке на расточном станке?
8. Какие существуют методы координации инструмента при обработке отверстий на расточном станке?
9. Как производится выверка борштанги при обработке отверстий на расточном станке?

10. Какими способами можно обрабатывать плоскую поверхность на расточном станке?

11. Как производится обработка соосных отверстий в нескольких стенках корпусных деталей?

12. Объясните схемы обработки отверстий, изображенные на рис. 131 и 132.

Глава X
АВТОМАТИЗАЦИЯ ФРЕЗЕРНО-СВЕРЛИЛЬНО-РАСТОЧНОЙ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

§ 1. Промышленные роботы

Промышленные роботы (ПР) — программируемые манипуляторы промышленного применения, автоматически выполняющие комплекс действий, предусмотренных программой. Они находят широкое применение на операциях обслуживания станков, кузнечно-прессовых, литейных и других машин, а также выполняют сварочные, окрасочные, сборочные и другие работы.

Для снижения себестоимости, сокращения сроков проектирования, изготовления и внедрения, облегчения ремонта, комплектации и повышения надежности все шире применяют ПР агрегатно-модульной конструкции с широким рядом компоновок (аналогично созданию агрегатных станков).

На рис. 133 показаны примеры компоновок ПР модульного типа с различными системами управления.

Гамма электромеханических ПР модульного типа грузоподъемностью 25 кг разрабатывается в виде набора автономных модулей, из которых можно быстро собрать манипуляторы с различной кинематической структурой и числом степеней подвижности.

Модули соединены между собой с помощью унифицированных стыковочных поверхностей и разъемов энергопитания, что позволяет производить перекомпоновку ПР в процессе эксплуатации.

Гамма узлов состоит из подвижного основания (тележки); модулей сдвига, подъема, поворота, качения, радиального хода; трех модификаций рук с головками, имеющими одну — три степени подвижности; модуля двойного поворота — плечо руки с двумя приводными шарнирами. Комбинацией соединений можно получить 95 модификаций ПР. Наибольшее количество приводных модулей в одной машине — шесть, что обеспечивает до восьми степеней подвижностей. В качестве приводов используют электродвигатели постоянного тока. Каждый модуль имеет входные и выходные разъемы, которые соединяют стандартными соединительными кабелями.

В станкостроении применяется грузоподъемность ПР, составляющая геометрический ряд от 0,63 до 1000 кг, с коэффициентом увеличения 2.

Величины перемещений узлов агрегатированных ПР также укладываются в геометрический ряд, кратный 50 и 100 мм. Виды соединений узлов — клеммные и винтовые (при этом предусматриваются базовые плоскости и крепежные отверстия).

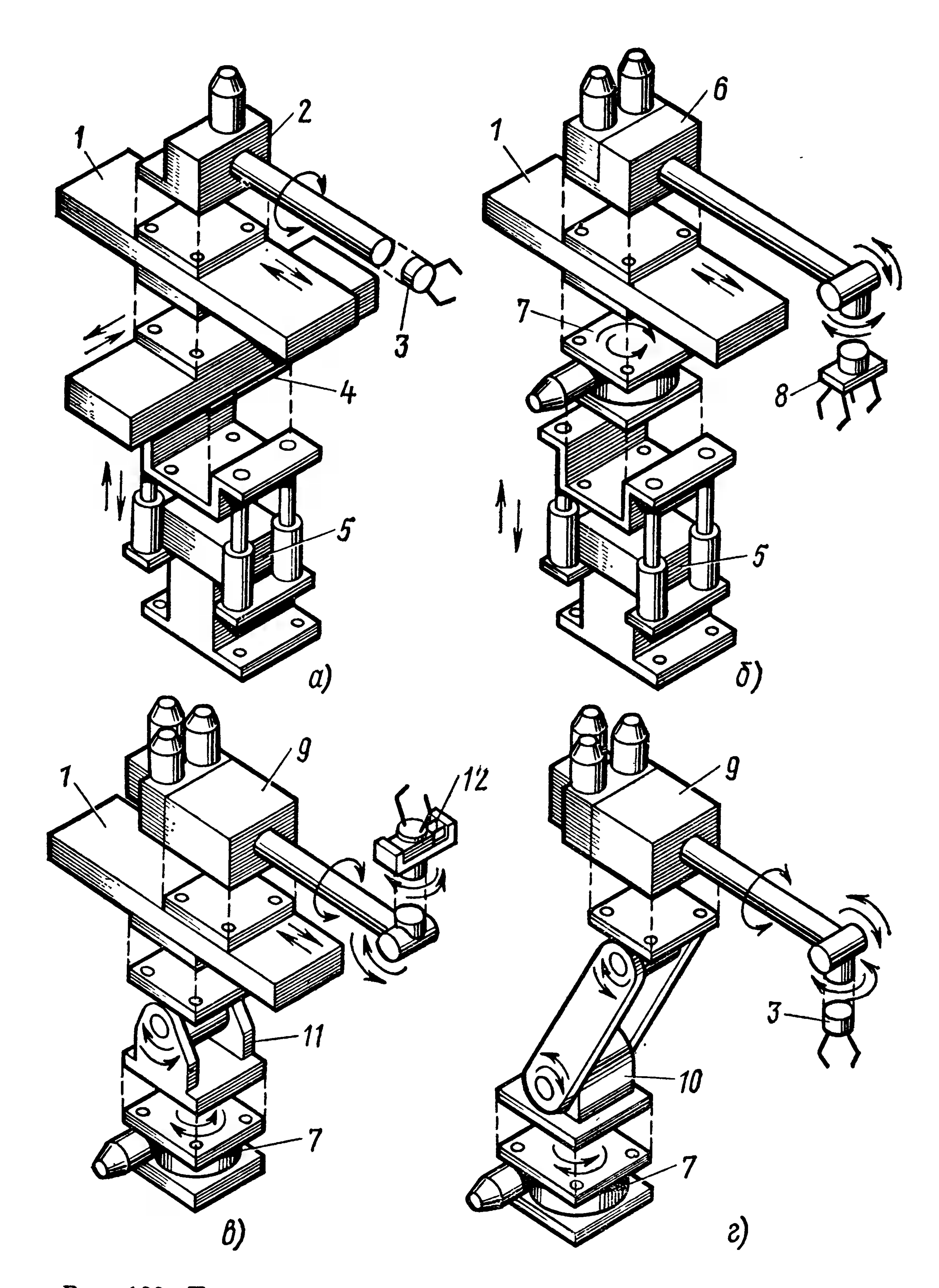


Рис. 133. Примеры компоновок ПР модульного типа с различными системами управления:

а — прямоугольной, *б* — цилиндрической, *в* — сферической, *г* — ангулярной; *1* — модуль радиального хода, *2, 6, 9* — «руки» с одной, двумя и тремя степенями подвижности соответственно, *3* — захват, *4* — модуль сдвига, *5* — модуль подъема, *7* — модуль поворота, *8* — сдвоенный захват, *10* — модуль двойного качения, *11* — модуль качения, *12* — захват со сдвигом

Параметры захватных устройств регламентируются техническими условиями. К основным параметрам относят грузоподъемность, наибольший размер захватываемой поверхности, конструкцию и размеры мест крепления, сменных и быстросменных захватных устройств к ПР,

§ 2. Автоматизированные участки и линии из станков с ЧПУ

Широкое распространение получают автоматизированные участки и линии из станков с ЧПУ, управляемых от универсальной ЭВМ для управления работой станков и системами, обеспечивающими рабочие места заготовками, инструментом, оснасткой и управляющими программами. С применением автоматизированных участков и линий производительность труда повышается до пяти раз и более по сравнению с универсальными станками, снижается себестоимость обработки, уменьшается количество обслуживающего персонала, а также занимаемая производственная площадь.

Автоматизированным участком называется совокупность станков с ЧПУ с единой системой управления загрузкой и работой станков по взаимно увязанным программам. Участок оборудуют автоматизированным складом заготовок, транспортным устройством для доставки заготовок по схеме склад — станки — склад.

Автоматизированной линией из станков с ЧПУ называется совокупность станков с ЧПУ, расположенных по технологическому процессу обработки детали с автоматической транспортной системой с программным управлением, осуществляющей загрузку, разгрузку, межоперационное перемещение заготовок от станка к станку. Работой всего оборудования управляет единая программа.

По технологическому назначению участки и линии из станков с ЧПУ выполняют для обработки деталей типа тел вращения и обработки корпусных деталей. По компоновке их различают на линейные одно- и многорядные с параллельными транспортно-накопительными системами; круговые — вокруг центрального склада-накопителя, с модульным прицепом — когда участок комплектуется из отдельных унифицированных производственных единиц-модулей, состоящих из станков и относящегося к ним оборудования (систем ЧПУ, транспортно-загрузочных и накопительных устройств, электро- и гидроприводов).

Системы управления участками строятся по трем вариантам: управление работой оборудования с применением индивидуальных устройств ЧПУ и сменой перфоленты непосредственно у станка; управление станками от центральной ЭВМ (при этом станки оснащаются упрощенным устройством управления); каждый станок управляется от мини ЭВМ, которая запоминает вводимую в нее информацию и в случае необходимости воспроизводит ее.

Автоматизированный участок АП-1 для обработки корпусных деталей с наибольшими габаритами 500×500×500 мм в условиях мелкосерийного и серийного производства состоит из основного (многооперационные станки с ЧПУ) и дополнительного участков (станки с ручным управлением). В состав основного участка включены два фрезерно-расточных станка МА690Ф4, два расточно-фрезерных МА260М4 и два сверлильно-резьбонарезных МА290Ф4, разметочная машина для контроля заготовки и предва-

рительной разметки, контрольно-измерительная машина с ЧПУ на выходе. На дополнительном участке установлены плоскошлифовальный, радиально-сверлильный, координатно-расточный и строгальные станки.

Транспортно-складская система обеспечивает задел заготовок для оптимальной загрузки станков, автоматизацию межоперационных транспортных и погрузочно-разгрузочных работ и подачу деталей на станок. Система состоит из склада-накопителя с двумя транспортными и диспетчерскими пунктами.

На участке автоматизированы все элементы цикла работы оборудования: подача спутника с заготовкой на стол, базирование и закрепление спутника, включение станка и обработка детали с нескольких сторон различными инструментами с их автоматической сменой, открепление спутника и транспортирование его на склад вместе с обработанной деталью, транспортирование заготовки и спутников внутри склада. Вручную производятся только установка и закрепление заготовок на спутниках.

§ 3. Автоматизация контроля размеров и подналадки резцов при растачивании отверстий

Применение активного контроля при растачивании отверстий корпусных деталей как на отдельных станках, так и на поточных и автоматических линиях диктуется высокой производительностью станков и линий (цикл работы современных автоматических линий для обработки блока цилиндров автомобилей и тракторов равен 0,7—1,7 мин), одновременностью растачивания большого количества различных отверстий (расположенных часто таким образом, что их очень трудно измерить вручную) с высокой степенью точности размеров и шероховатостью обработки.

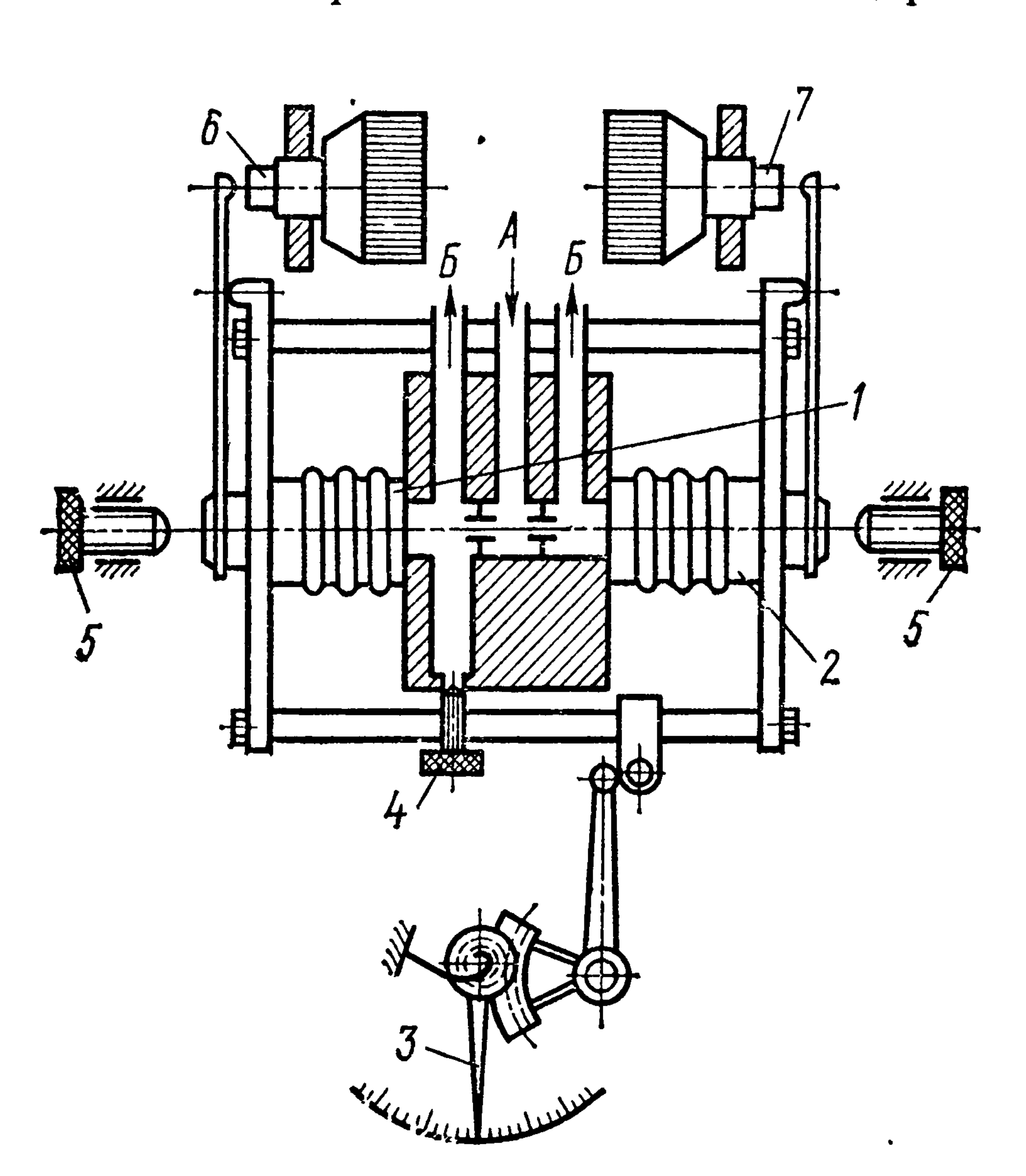


Рис. 134. Схема многократного сильфонного датчика

Размеры отверстий контролируются с помощью пневматических и электроконтактных датчиков.

Принцип работы многоконтактного сильфонного датчика (рис. 134) состоит в следующем: сжатый воздух от пневматической сети поступает в водоотделитель, наполненный влагопоглощающей средой (силикагель), затем — в блок фильт-

ров для очистки от пыли и стабилизатор давления, а оттуда по стрелке *А* воздух поступает через жиклеры в левый *1* и правый *2* сильфоны и по стрелке *Б* — в сопло пневматической пробки, вставленной в измеряемое отверстие.

В зависимости от количества воздуха, поступающего в сильфоны, последние удлиняются и через систему рычагов поворачивают стрелку *3* датчика и замыкают контакты *6*, *7*, сигнализируя на световом табло при достижении предельных размеров контролируемых отверстий. При увеличении зазора между пробкой и отверстием давление в сильфонах падает и угол отклонения стрелки датчика уменьшается и, наоборот, с уменьшением размера контролируемого отверстия отклонение стрелки увеличивается.

При данном размере измеряемого отверстия и зазоре между пробкой и отверстием с увеличением диаметра жиклеров датчика угол отклонения стрелки датчика увеличивается, так как увеличивается поступление воздуха.

При увеличении давления воздуха в сети, регулируемого стабилизатором, угол отклонения стрелки датчика также возрастает.

Перемещение сильфонов ограничивается жесткими упорами *5*. Винты *4* служат для регулирования количества воздуха, поступающего из полости сильфона в атмосферу. При этом регулируется исходное положение стрелки датчика, т. е. установка стрелки относительно ее нулевого положения.

Наладка измерительных устройств состоит в очистке воздуха, проверке стабилизаторов и датчиков и отладке цены деления датчиков.

Очистка воздуха от пыли, влаги и масла обычно осуществляется с помощью силикагельных установок, сетчатых, керамических и масляных фильтров. Недостаток силикагельных установок заключается в том, что необходимо систематически производить замену и просушку силикагеля и сброс конденсата. В противном случае конденсат из фильтра начинает проникать в регулирующую и измерительную аппаратуру, выводя ее из строя. Поэтому применяют стенды для очистки воздуха, не содержащие силикагель и состоящие из двух влагоотстойников, имеющих систему лабиринтов с большой разностью в площади поперечного сечения, что способствует конденсации водяных паров и образованию конденсата, стекающего по трубопроводу во влагосбрасыватель. После влагоотстойников воздух поступает во влагоотделитель с керамическим фильтром, который производит окончательную очистку воздуха от влаги и посторонних примесей, а образующийся конденсат также стекает во влагосбрасыватель.

Влагосбрасыватель имеет резервуар для конденсата, золотник и электромагнит, который через определенное время автоматически включается и перемещает золотник до совпадения выточек на золотнике с отверстиями резервуара. При этом конденсат из резервуара влагосбрасывателя вытекает по отводящей трубке.

Проверка стабилизаторов и датчиков является обязательным условием работоспособности измерительных устройств автомати-

ческих линий и выполняется на специальном стенде перед их установкой в измерительные устройства.

Стабилизатор обеспечивает постоянство давления воздуха, поступающего в измерительное устройство. Рабочее давление воздуха на выходе стабилизатора регулируется в пределах 49—196 кПа с помощью проходного крана. Расход воздуха регулируется в пределах до 120 л/мин с помощью дросселей, установленных в корпусе регулятора с диаметром проходного отверстия 1,5—2 мм.

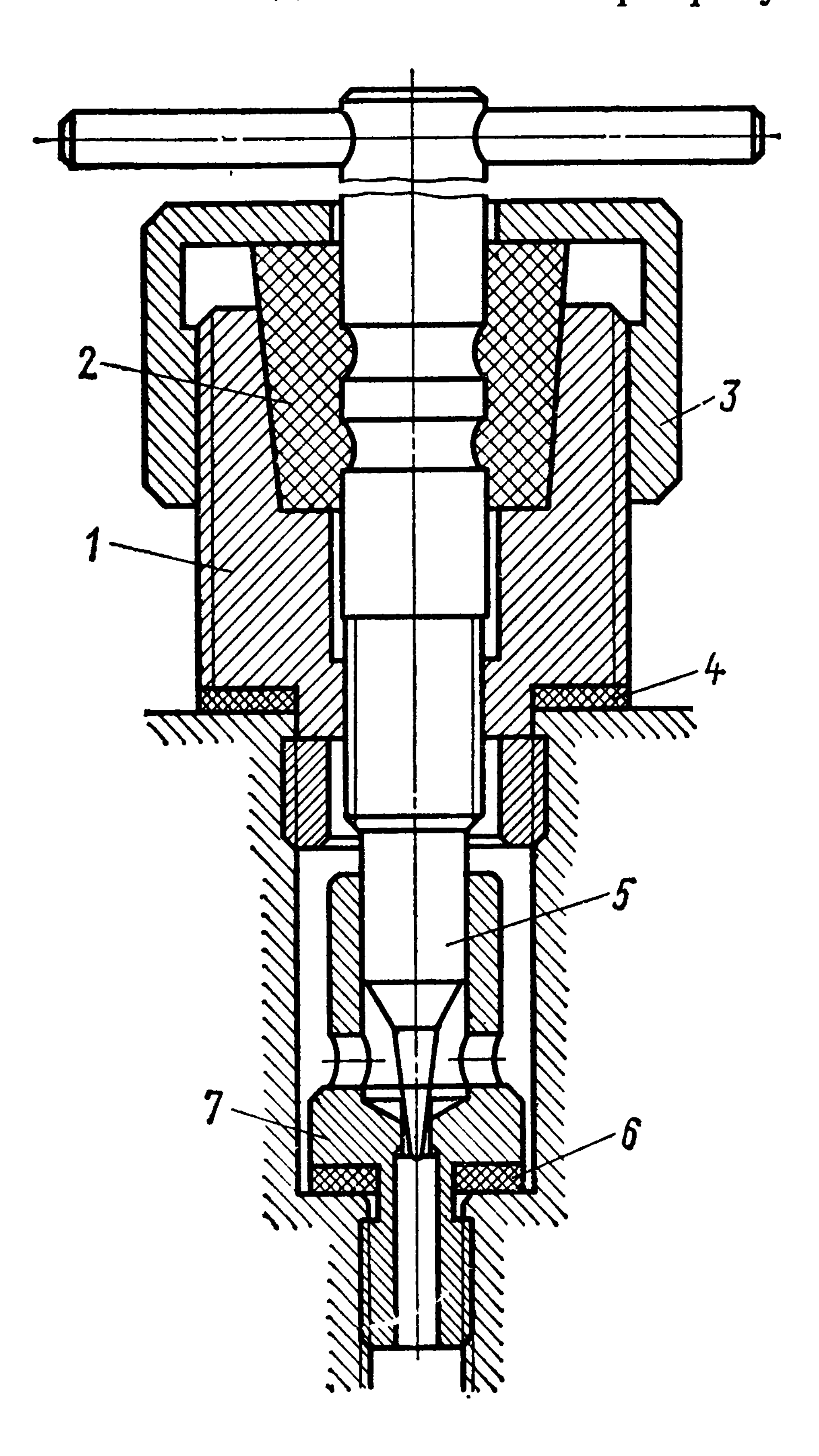


Рис. 135. Регулируемое сопло

Стенд используют также для проверки пневматических датчиков на утечку воздуха. Проверяемый и контрольный датчики включаются последовательно между стабилизатором и регулятором расхода воздуха. Стабилизатор устанавливается при этом на рабочее давление 196 кПа. При изменении расхода воздуха регулятором и давления воздуха в питающей сети краном стрелка проверяемого датчика не должна вибрировать и отклоняться от показаний контрольного датчика.

Отладка цены деления датчиков осуществляется подбором диаметра отверстий сопл датчиков. В результате подбора должна быть обеспечена одинаковая цена деления датчиков, входящих в автомат, число которых равно количеству измеряемых отверстий. Обычно цена деления пневмоэлектрического датчика принимается равной 0,5 или 1 мкм, что соответствует диаметру сопла датчика 0,4—0,8 мм. Подбор диаметра отверстия сопла производится сверлением с увеличением диаметра сверла на 0,1 мм и многократным замером датчиком диаметра эталонных колец, соответствующих предельным размерам измеряемых отверстий. Сначала сверлят отверстие диаметром 0,4—0,5 мм, а далее рассверливают вручную заостренными калиброванными проволочками возрастающего диаметра. Заточка проволочек выполняется в виде трехгранной призмы высотой 3—4 мм. Операция значительно облегчается и упрощается с применением регулируемого сопла (рис. 135), который состоит из корпуса *1*,

иголки *5*, штуцера *7* и гайки *3*. Резиновые уплотнения *2*, *4* и *6* обеспечивают герметичность соединения. Бесступенчатый подбор необходимого диаметра сопла обеспечивается при постепенном ввертывании иголки *5* и уменьшения кольцевого зазора между отверстием сопла и концом иголки *5*.

Автоматический контроль размеров и подналадка резцов при растачивании отверстий на автоматической линии для обработки V-образного блока цилиндров двигателя автомобиля производится следующим образом. На агрегатном двустороннем четырехшпиндельном горизонтально-расточном станке выполняется чистовое растачивание отверстий диаметром $79{,}42^{+0{,}05}$ мм под коленчатый вал и отверстий диаметром $51^{+0{,}07}$ мм во втулках под распределительный вал без подналадки резцов или с подналадкой при помощи устройства СК-197, которым управляет оператор по результатам измерений отверстий на контрольном автомате К-2.

В процессе обработки транспортер автоматической линии последовательно перемещает блоки цилиндров от расточного станка к механизму обдува стружки к контрольному автомату К-2 (рис. 136) и далее на следующий агрегатный станок.

Контрольный автомат обеспечивает автоматическое измерение размеров отверстий, а также остановку автоматической линии, когда размеры обрабатываемых отверстий достигают предельно допустимых величин. Контрольный автомат состоит из следующих основных узлов: станины *5*, контрольного приспособления *3*, подъемного механизма *6*, измерительной панели *2*, панели воздухопровода *1* и сигнальной панели *4*.

Принцип измерения отверстий с помощью пневмоэлектроконтактного датчика основан на зависимости расхода воздуха от величины зазора между измерительной пробкой и поверхностью измеряемого отверстия. Размер измеряемого отверстия определяется по шкале датчика с точностью 0,001 или 0,0005 мм. Пределы допустимых отклонений стрелки датчика устанавливают по втулкам (кольцам) эталонов, соответствующих нижнему и верхнему предельным размерам отверстий.

Пневмоэлектрическим датчиком можно также замерить отклонения от геометрической формы отверстия (например, эллипсности) путем вращения измерительной пробки датчика на 90° (при этом измеряется разность диаметров отверстий в двух взаимно перпендикулярных плоскостях).

Контрольные автоматы встраиваются в автоматическую линию непосредственно после станков, на которых отверстия обрабатываются окончательно.

Сигнальная панель контрольного автомата имеет сварной корпус, в котором установлены сигнальные лампы и светофор. На съемной крышке схематически изображены измеряемые отверстия и указаны назначения сигнальных ламп. Для каждого измеряемого отверстия установлены три сигнальные лампы: белая, зеленая и красная.

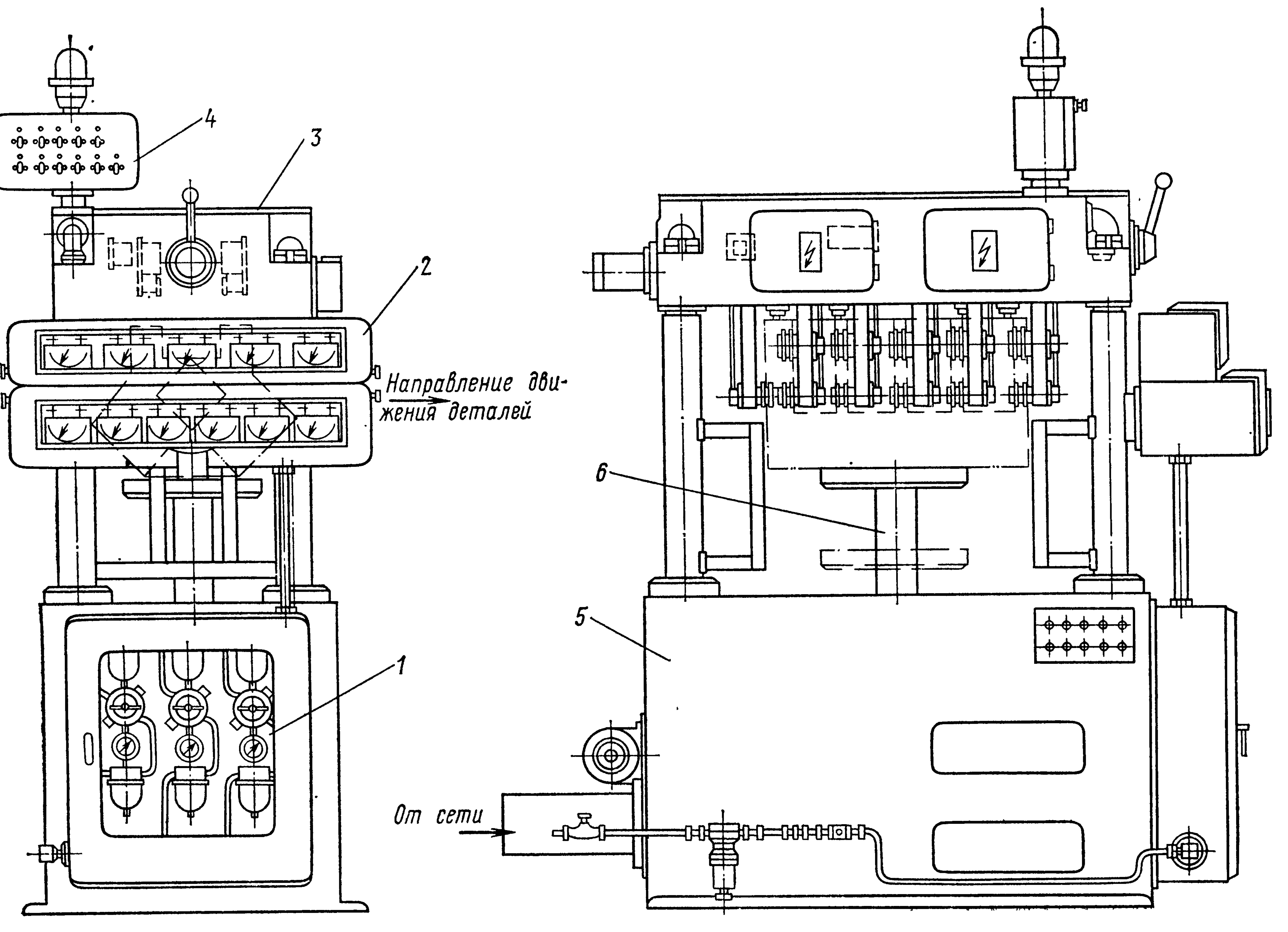


Рис. 136. Контрольный автомат К-2

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Г. А. и др. Основы стандартизации — Л.: издание Северо-Западного заочного политехнического института, 1976.

2. Богданов А. В. Расточное дело. — М.: Машгиз, 1960.

3. Глухов Н. М. Координатно-расточные станки и работа на них. — М.: Высшая школа, 1969.

4. Дащенко А. И., Шмелев А. И. Конструкция и наладка агрегатных станков. — М.: Высшая школа, 1970.

5. Еремин А. Н. Автоматическое управление металлорежущими станками. — М.: Высшая школа, 1966.

6. Зазерский Е. И. и Гутнер Н. Г. Токарь-расточник.— М.: Машгиз, 1960.

7. Локтев С. Е. Станки с программным управлением. — М.: Машиностроение, 1979.

8. Многооперационные станки (обрабатывающие центры). — М.: НИИМАШ, 1970.

9. Оглоблин А. Н. Основы токарного дела.— Л.: Машиностроение, 1974.

10. Промышленные роботы агрегатного типа. — М.: НИИМАШ, 1979.

11. Тепинкичиев В. К. и др. Металлорежущие станки. — М.: Машиностроение, 1970.

12. Кобринский А. Е. Числа управляют станками. — М.: Наука, 1967.

13. Смирнов В. К. Токарь-расточник. — М.: Высшая школа, 1978.

14. Смирнов В. К. Универсальная технологическая оснастка в мелкосерийном производстве. — М.: Машиностроение, 1973.

15. Режимы резания металлов инструментами из быстрорежущей стали. — М.: Машгиз, 1950.

16. Режимы резания черных металлов инструментом, оснащенным твердым сплавом. — М.: Машгиз, 1958.

17. Машиностроение, 1969, № 9, 11, 12; 1970, № 7.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вячеслав Константинович Смирнов

ТОКАРЬ-РАСТОЧНИК

Редактор В. А. Козлов
Переплет художника Ю. Д. Федичкина
Художественный редактор В. П. Спирова
Технический редактор З. В. Нуждина
Корректор С. К. Завьялова

ИБ № 3560

Изд. № М-162. Сдано в набор 09.09.81. Подп. в печать 28.01.82. Т-03857. Формат 60×90 1/16. Бум. тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Объем 15 усл. печ. л. 15,19 усл. кр.-отт. 16,38 уч.-изд. л. Тираж 70 000 экз. Зак. № 575. Цена 55 коп.

Издательство «Высшая школа», Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14.

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.

55 коп.